

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»
Институт ядерной энергии и промышленности

**ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ, ПРОМЫШЛЕННАЯ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ
БЕЗОПАСНОСТЬ – 2019**

сборник статей международной научно-практической конференции
23 – 26 сентября 2019 г.



Севастополь, 2019

УДК 502/504(06)

ББК 20.1я43

Э 40

Э 40 **Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2019** : сборник статей по материалам международной научно-практической конференции «Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2019» (23 – 26 сентября 2019 г.) / под ред. Л. И. Лукиной, Н. В. Ляминой. – Севастополь: СевГУ, 2019. – 1843 с.

ISBN 978-5-6041740-3-6

Environmental, Industrial and Energy Security – 2019 : a collection of articles on the materials of the international scientific and practical conference «Environmental, Industrial and Energy Security – 2019» (September 23 – 26, 2019) / Ed. by L. I. Lukina, N. V. Lyamina. – Sevastopol: SevSU, 2019. – 1843 p.

Настоящий сборник статей сформирован по материалам международной научно-практической конференции «Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2019», проходившей в г. Севастополе 23 – 26 сентября 2019 года. В данном сборнике представлены и обсуждены актуальные вопросы науки и практического применения полученных результатов научных исследований.

Сборник предназначен для научных работников, работников профессорско-преподавательского состава, аспирантов и студентов и может быть полезен в научной работе и учебной деятельности.

Ответственность за точность цитат, имен, наименований и новых сведений, а также за соблюдение закона об интеллектуальной собственности несут авторы публикуемых материалов.

УДК 502/504(06)

ББК 20.1я43

This collection of articles was based on the materials of the international scientific and practical conference «Environmental, Industrial and Energy Security – 2019», which takes place in Sevastopol on September 23 – 26, 2019. This collection presents and discusses topical issues of science and practical application of the results of scientific research.

The collection is intended for researchers, employees of the faculty, post-graduate students and students and can be useful in scientific work and educational activities.

Responsibility for the accuracy of citations, names, titles and new information, as well as for compliance with Intellectual Property Laws is borne by the authors of the published materials.

ISBN 978-5-6041740-3-6

© ФГАОУ ВО «Севастопольский
государственный университет»

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Abdali Layth Mohammed Abdali, Yakimovich B.A., Kuvshinov V.V., Morozova N.V. Hybrid power generation by using solar and wind energy	26
Afandiyeva Z.J. Geostatic pressure and issues stress-deformation state of rocks	32
Al Bairmani A.G., Yakimovich B.A., Kuvshinov V.V., Kakushina E.G., Morozova N.V., Krit B.L. Solar energy generation in the electric distributed power supply system of Iraq	37
Alimgazin A.Sh., Alimgazina S.G., Dyussenov K.M. Heat pump plant in new block-modular version for recovery of low-grade emissions of heat at «KSP Steel» LLP	42
Denisova E.N., Snegiryov A.S., Kozmin G.V., Kurachenko Yu.A. ¹³¹ I activity and dose in cattle's thyroid at radiological experiment	48
Fomicheva G.P., Nasibulina B.M. The biotesting of oil pollution of aquatic environments	53
Gelmanova Z.S., Konakbaeva A.N., Mesentseva A.B. Analysis of the exposure of the enterprise to the environment	59
Gelmanova Z.S., Podgurskaya T.O. Local environmental monitoring of metallurgical enterprise	62
Gelmanova Z.S., Yekel A.S., Aldabaeva A.E. Transition to environmentally safe manufacture in metallurgy	67
Hasanov S.H., Mustafayev I.I., Mahmudov H.M. The influence of radiation to the surface of mixed nano Al ₂ O ₃ +CUO catalyst in the oxidation process	71
Kuldjanov B.K., Harlander E., Sadikov I.I., Yuldashev B.S. Cooperation between the European bank for reconstruction and development and the Institute of Nuclear Physics of Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan on remediation of the former uranium mines Yangiabad and Charkesar	76
Pavlov A.N., Denisova E.N., Snegiryov A.S., Kozmin G.V., Kurachenko Yu.A. Project of the Software for 'Gur-120' Irradiation Facility	81
Абдеев Р.Г.; Сайтов Р.И.; Швецов М.В., Рукомойников А.А., Сосновский К.В. Энергоресурсоэффективная экологически безопасная технология СВЧ-переработки нефтешламовых отходов	85
Абдеев Р.Г., Швецов М.В., Гайнуллин Т.Р., Кадыров И.Р. Решение экологической проблемы дезактивации технологического оборудования оболочкового типа нефтегазохимических производств термообразивной очисткой	89
Авезов Р.Р., Авезова Н.Р., Вохидов А.У., Рахимов Э.Ю. К определению влияния температуры наружного воздуха, скорости ветра, излучательной способности и среднерабочей температуры лучепоглощающей теплообменной панели плоских солнечных водонагревательных коллекторов на их тепловые потери через светопрозрачные покрытия	93
Агапов О.А., Федорина О.А., Утеулин К.Р. Актуальные вопросы загрязнения растений при проливе ракетного топлива-гептил	99
Акимов А.М., Котельникова С.А. Оптимизация водно-химического режима первого контура ВВЭР-1000	104

Алдибекова А.Е., Осипов Д.И., Стяжкина Е.В. Состояние зоопланктона радиоактивно-загрязненного водоема В-4 Теченского каскада водоемов ПО «МАЯК»	109
Алекперов А.С., Мамедова Р.Ф., Гасанов О.М. Эффект термопереключения моносульфида германия с участием примесей редкоземельных элементов ...	116
Алимгазин А.Ш., Алимгазина С.Г. Применение «зеленых» технологий с использованием альтернативных источников энергии для повышения эффективности энергообеспечения объектов в промышленности, социальной сфере и аграрном секторе Павлодарской области	120
Алтынбаева Д.Б., Мусафиров Д.Е., Астафьев А.В., Табакаев Р.Б. Экспериментальное исследование теплового эффекта пиролиза соломы	126
Алукер Н.Л., Митрофанов А.Ю., Суздальцева Я.М. Спектрофотометрическое исследование водных растворов соединений иода	131
Аль-Руфай Фаиз Метаб Муса, Кувшинов В.В., Какушина Е.Г., Кувшинова В.В., Пивень Ю.Я. Оптимизация работы энергетического комплекса Республики Ирак с использованием комбинированных ветро-солнечных электростанций	135
Амбросова Г.Т., Тихонова Д.В., Яковлева Е.И. Направления усовершенствования компактных установок для очистки бытовых стоков ...	141
Андреев А.И., Вакуленко С.П., Виноградов В.В., Кокин С.М., Никитенко В.А., Пауткина А.В., Прунцев А.П. Возможности и исследования НОЦ ЦИАО Российского университета транспорта (МИИТ) в области экологической и техносферной безопасности	147
Андреев Т.И., Бережная С.В. Проблемы очистки сточных вод винодельческих предприятий Крыма в условиях изменения природоохранного законодательства в сфере водопользования	152
Андреев Т.И., Дон В.И., Данилова В.А. Проблема оползневых процессов на территории города Севастополя	156
Андреев Т.И., Киселева С.В., Рафикова Ю.Ю. Технический потенциал отходов садоводства и виноградарства для сельскохозяйственных регионов России	160
Андреев Т.И., Котельников Д.Ю. Актуальные вопросы применения возобновляемых источников энергии для Республики Крым и города Севастополь	164
Андроханов В.А., Махатков И.Д. Анализ распространения разливов нефти на внутрипромысловых нефтепроводах в условиях северной тайги Западной Сибири	168
Антоненков Д.А. Применение видеорегистрации для определения скорости перемещения взвешенных в воде частиц	173
Ануфриева Е.В., Кравченко Н.В., Мирзоева Н.Ю., Шадрин Н.В. Концентрации элементов Mn, Fe, Sr, Ca, Mg в раковинах <i>Eucypris mareotica</i> (Crustacea, Ostracoda) в гиперсоленом озере Херсонесское (Крым)	176
Арефьева О.Д., Моргун Н.П., Ковехова А.В., Земнухова Л.А., Попова А.М. Удаление фенола из водных растворов углерод- и кремнийсодержащими сорбентами из отходов производства риса	181

Арсентьев М.А., Политова Е.Д., Кирюхин Д.П., Смолянский А.С. Влияние высокотемпературной радиационной обработки на кристаллическую структуру политетрафторэтилена	185
Артёмов Ю.Г., Садогурский С.Е., Плугатарь Ю.В., Белич Т.В., Садогурская С.А., Евтушенко Д.Б. О некоторых методических аспектах гидроакустического мониторинга морского макрофитобентоса	190
Ахмедов Я.А., Кульджанов Б.К., Бакиев С.А., Данилова Е.А., Курбанов Б.И. Исследование содержаний жизненно важных и некоторых токсичных элементов в растениях, плодоовощной продукции, лекарственных травах и сборах	194
Ашрапов У.Т., Музаффаров А.М. Извлечение золота из растворов «прудка» хвостовых отходов гидрометаллургического завода	200
Ашрапов У.Т., Садиков И.И., Ибраимов И.У., Хабибуллаев Ш.М. Гидроударный насос	204
Бабаев Б.Д. Расчет аккумулятора энергии с фазовым переходом	208
Бакаева Н.В., Чайковская Л.В. Концептуальная модель комфортности городской среды	211
Балева Л.С., Сипягина А.Е., Карахан Н.М., Егорова Н.И. Медико-биологический мониторинг состояния здоровья поколений населения из регионов радионуклидного загрязнения	215
Балычева Д.С., Ануфриева Е.В., Шадрин Н.В. Микроводоросли-эпibiонты нитчатой зеленой водоросли <i>Cladophora</i> sp. в рациионе <i>Eucypris margetica</i> (Crustacea, Ostracoda)	222
Баранов А.П., Лунев М.И., Береза Д.В. Контроль загрязнения почв сельхозугодий с применением биотестирования	226
Баранов Н.Н., Крюков К.В., Церковский Ю.Б., Ерохина Е.С. Разработка инженерной методики расчёта автономного блока энергопитания, содержащего фотоэлектрические преобразователи (солнечные батареи)	230
Барбин Н.М., Барбина Т.М. Гидропироэлектрохимическая переработка аккумулятора лома	234
Баскин З.Л., Лаптев А.Л., Логинов В.А., Потапов С.В. Непрерывное метрологическое обеспечение газоаналитических измерений динамические установки «Микрогаз–ФМ»	238
Баскин З.Л., Лаптев А.Л., Логинов В.А., Потапов С.В. Непрерывный хроматографический мониторинг состава, расхода и количества выбросных технологических газов	244
Баскин З.Л., Лаптев А.Л., Логинов В.А., Потапов С.В. О необходимости непрерывного хроматографического мониторинга процессов загрязнения воздуха	247
Башаричев А.В., Сиротюк В.Я., Минкин Д.Ю. Комплексная безопасность на охране сложных технологических объектов	251
Бежин Н.А., Довгий И.И., Милютин В.В., Баулин В.Е., Выдыш А.А., Янковская В.С. Извлечение свинца сорбентами импрегнированного типа на основе полифункциональных соединений	256

Безматерных Д.М., Яныгина Л.В., Ковешников М.И., Вдовина О.Н., Крылова Е.Н. Макрозообентос как индикатор экологического состояния водоемов и водотоков Западной Сибири	259
Безуглов В.В., Брызгин А.А., Власов А.Ю., Воронин Л.А., Коробейников М.В., Сидоров А.В., Ткаченко В.О., Штарклев Е.А. Высокочастотные промышленные ускорители ИЛУ и их применение	264
Бекиров Э.А., Воскресенская С.Н., Алькаата А., Сейтумеров Э. Закономерности оптимальных решений компенсации реактивной мощности	269
Белая М.Н. Нормативно-правовое регулирование техносферной безопасности в сфере технического регулирования	273
Бенсман В.А., Шаяхметова Ы.Ш., Борибай Э.С., Молдагазыева Ж.Ы., Тыныбеков Б.М., Салыков Н.Н. Радиоэкологическая обстановка территории поселка Калачи расположенного вблизи бывших урановых рудников Акмолинской области	277
Беспалько А.А., Дмитриева С.А., Штирц В.А., Федотов П.И. Комплексная система мониторинга геодинамических проявлений после технологических взрывов в подземных рудниках	280
Блинаева Е.В., Смаилова С.С., Блинаяева Н.С., Попова Г.В. Моделирование процесса низкочастотного воздействия на нефть казахстанских месторождений	285
Бобров П.А., Козина Ю.В. Применение ультразвука для очистки дисковых фильтров установок мембранной фильтрации	289
Богданович Б.Ю., Вовченко Е.Д., Горбатюк О.В., Ильинский А.В., Кузнецов А.Ю., Нестерович А.В., Рашиков В.И., Козловский К.И., Шиканов А.Е., Шиканов Е.А. Нейтронный контроль состава продуктивного углеводорода в трубопроводе	293
Бондаренко А.А. Обоснование условий и особенностей эксплуатации подземной горной техники с электрическим приводом	297
Борисова И.Г. Интегрированные цели территориального развития ресурсоориентированных регионов с адаптивно-ландшафтных позиций	302
Брень В.А., Дубонос А.Д., Попова О.С. Новый класс азометиниминных хемосенсоров для определения токсичных фторид-анионов	307
Брюховецкий А.А., Моисеев Д.В., Скатков А.В. Интеллектуальная технология обнаружения аномалий экосистем акватории г. Севастополя на основе кластеризации данных	310
Брызгин А.А., Итэсь Ю.В., Коробейников М.В., Леонов С.В., Леонова М.А., Юшков Ю.Г. Экспериментально проверенные возможности электронно-лучевой деконтаминации готовых кормовых смесей для птиц и их ингредиентов	315
Брызгин А.А., Коробейников М.В., Михайленко М.А., Пупков Ю.А., Вихров И.А., Здвижкова Т.А. Исследование пределов радиационной стойкости отверждённых смол и композитных материалов	320
Буйновский А.С., Лисица В.А., Молоков П.Б., Муслимова А.В., Софронов В.Л. Исследование фторирования редкоземельных концентратов гидрофторидом аммония	325

Булах О.И., Нестеров В.Н. Определение обеспечения проектного значения глубины выгорания ядерного топлива ресурсом графита в ВТГР	329
Буякова Н.В., Крюков А.В., Середкин Д.А. Электромагнитная безопасность на трассах высоковольтных ЛЭП в режимах несимметричных коротких замыканий	333
Буяльский В.И. Управление нестационарными режимами работы ветроэлектрических агрегатов в условиях изменения температуры внешней среды	338
Быков В.Р., Никанов А.Н., Талыкова Л.В., Дорофеев В.М. Оценка риска производственно-обусловленных заболеваний у работающих на предприятиях горно-промышленного комплекса в Арктическом регионе	342
Вавилова И.Г., Соловей В.А., Федорова А.С., Колобов Ю.К. Моделирование временного и электронного амплитудного разрешения гамма детекторов на основе LYSO сцинтилляторов для использования в установках обнаружения взрывчатых веществ, ядерных делящихся материалов и работающих по методу меченного нейтрона	347
Вавилова И.Г., Соловей В.А., Федорова А.С., Колобов Ю.К. Проект цифровой установки работающей по методу меченого нейтрона с целью обнаружения взрывчатых веществ, ядерных делящихся материалов, работающей по методу меченого нейтрона	351
Варакина Ю.И., Лахманов Д.А., Аксенов А.С., Веселкина Е.А. Стойкие органические загрязнители в мигрирующих видах рыб Ненецкого автономного округа	355
Васильева Г.К., Рубашко Г.Е., Евстафьева Е.В. Техногенное загрязнение северной части Крыма и его воздействие на здоровье местного населения ...	360
Ведерникова А.А., Коренева Т.Г., Латковская Е.М. Результаты исследований уровня загрязнения нефтепродуктами прибрежной зоны южного Сахалина	365
Велиджанова М.З., Оруджева Д.Р., Годжаева Г.А., Джафаров Э.С., Содержание пролина в <i>Cicer arietinum L.</i> , произрастающей в условиях радиационного и солевого стресса	370
Верех-Белоусова Е.И. Оценка радиационных показателей породных отвалов угольных шахт Луганщины для обоснования их использования в строительстве	374
Веселкина Е.А., Соболев Н.А., Аксенов А.С., Варакина Ю.И. Биоаккумуляция стойких неорганических поллютантов в мышечной ткани северных видов рыб	379
Ветрова Н.М., Меннанов Э.М., Меннанов Э.Э., Конструктивные особенности биопозитивных берегозащитных сооружений: особенности проведения физического моделирования экологического состояния береговой зоны	382
Винокуров С.Е. Новые подходы к реализации ядерного топливного цикла	386
Володина Д.А., Таловская А.В. Сравнительный анализ минерального и элементного состава пылеаэрозолей и ртутной нагрузки в окрестностях цементных заводов на основе изучения снегового покрова (Западная Сибирь)	390
Воробьев Д.С., Бабкина И.Б., Перминова В.В., Калиновская Е.А. Оценка состояния ихтиофауны нефтезагрязненного озера в субарктической зоне Ханты-Мансийского автономного округа – Югры	394

Воскобойников Г.М., Метелькова Л.О. Водоросли-макрофиты в биоремедиации морской воды от нефтепродуктов	397
Ву Ким Лонг, Тхи Тхо Хоанг, Тхи Бик Нгок Чан, Нистратов А.В., Клушин В.Н. Получение и изучение высокопористых активных углей из отходов органопластиков	402
Высоких А.В., Синеева Н.В. Анализ экологической напряженности пойменно-русловых комплексов малых рек урбанизированных территорий (на примере г. Новосибирска)	407
Гавриш В.М., Чайка Т.В., Гавриш О.П., Федорова С.А. Применение нанопорошка карбида вольфрама для улучшения эксплуатационных характеристик бетона	412
Гаджиева Л.А. Результаты комплексного мониторинга содержания ультрадисперсных аэрозолей в горнопромышленных регионах	416
Гайдабрус М.А., Табакаев Р.Б. Влияние элементного состава твердого органического сырья на выход продуктов пиролиза	420
Гайко Л.А. Мониторинг температурного фона прибрежной зоны Приморья по многолетним данным гидрометеорологических станций (северо-западная часть Японского моря)	424
Гасанов О.М., Адгезалова Х.А., Гусейнов Д.И. Перспективные материалы для изготовления приемников теплового излучения на основе твердых растворов $(\text{SnSe})_{1-x}(\text{Er}_2\text{Se}_3)_x$	429
Гатамханова Г.М., Гулиева Н.Г., Мустафаев И.И. Влияние радиации на битумной композиции гидроизоляционного назначения	434
Гафаров Э.К., Ахмедова А.Г., Наджафова Г.Д. Оценка воздействия на окружающую среду наводнений на трансграничных реках Кура и Араз	437
Глотов В.Е. Малоизвестные, но повсеместно распространенные возобновляемые источники энергии в Арктике и Субарктике	440
Глотов В.Е., Глотова Л.П. Перспективы недр северо-востока России для создания подземных хранилищ особо опасных отходов	444
Головешкин В.В., Калинин С.А. Накопление радионуклидов чернобыльских выпадений растениями наземных экосистем	449
Головешкин В.В., Чудинов А.Н., Калинин С.А., Ненашев Р.А., Борисенко В.Л. Современные темпы миграции радиоактивных элементов в почвах зоны отчуждения Чернобыльской АЭС	454
Голубева С.С., Капакли А.А., Новосёлова П.А., Попов Е.В., Чухарев И.М., Чухарева И.П. Влияние деятельности человека на успешность гнездования лебедей в Челябинской области и Башкортостане	459
Горбунова А.Г., Усынина А.Э. Система и анализ готовности организации к действиям по локализации аварийных ситуаций и ликвидации их последствий	464
Григорьев Ю.С., Шашкова Т.Л., Стравинскене Е.С. Инструментальные методы биотестирования токсичности водных сред и установления класса опасности отходов: разработка, сертификация, внедрение	467

Громов Н.Н., Степанов А.В., Лукьянов В.В., Смирский Ю.Н. Исследование радионуклидного загрязнения производственных помещений исследовательского реактора в процессе его демонтажа	471
Гудимов А.В., Бурдыгин А.И., Комарова Е.П. От традиционной к оперативной биоиндикации и он-лайн биомониторингу – новым технологиям в системе экологической безопасности	476
Гудимов А.В., Свитина В.С., Бурдыгин А.И., Комарова Е.П. Три уровня контроля экологической безопасности: смена технологии биомониторинга .	480
Гулиева Г.А. Влияние проводимых геолого-разведочных работ на экологическую обстановку на южном склоне Большого Кавказа (Филизчайское полиметаллическое месторождение)	484
Гулиева Н.Г., Гаджиева С.Р., Самадова А.А. Радиационно-химические пре- вращения деградированных нефтей	488
Гулиева Н.Г., Гаджиева С.Р., Самадова А.А., Чичек Ф. Радиационно- стимулированные процессы газообразования в деградированных нефтях	491
Гульбин В.Н. Композиционные материалы для радиационной и электромагнитной безопасности	494
Гурьев В.В., Якимович Б.А., Кувшинов В.В., Калиев Р.Г., Какушина Е.Г. Обеспечение надежного функционирования энергосистемы Республики Крым и г. Севастополя при различных воздействиях ВИЭ	499
Гусейнова С.М., Бабаев М.П. Международная классификация луговых почв южного склона Большого Кавказа	503
Гутник С.А., Гутник В.С. Акустическое загрязнение транспортных потоков г. Севастополя	507
Гуцева Г.З., Демянчик В.Т. Формирование практической экологической культуры населения, проживающего на территориях загрязненных радио- нуклидами в результате ядерных катастроф	512
Дворецкий А.Т. Энергетическая эффективность воздушных солнечных коллекторов в конструкции здания	516
Демянчик В.Т., Гуцева Г.З., Демянчик В.В. Радиационно-химический и эколого-фаунистический мониторинг животного мира на Белорусской АЭС	520
Дёмин В.Ф., Голосная А.А., Макаров В.И., Шмелев В.М. Атомные станции малой мощности: безопасность и страхование гражданской ответственности за ядерные риски	524
Джаббарова Л.Ю., Мустафаев И.И. Пострадиационные эффекты в топливах	529
Джаббарова Л.Ю., Мустафаев И.И., Меликова С., Акберов Р.Я. Влияние гамма-излучения на смеси углеводородов гексан-гексен	534
Джафаров Э.С., Караева К.Г., Бабаев Г.Г. Доза-зависимое изменение содержания пролина в родительском и первом поколении <i>Cucumis sativus</i> L., семена которого подверглись предпосевному γ – облучению	539
Директор Л.Б., Синельщиков В.А. Численное моделирование реактора кре- кинга	543
Домашенко Т.Е., Шайтор Н.М. Применение солнечных панелей для уличного освещения и способы управления ими	549

Дроздов В.В. Динамика биологических ресурсов и проблемы обеспечения экологической безопасности экосистем внутренних морей Европы в связи с климатическими изменениями	552
Дубонос А.Д., Брень В.А., Николаева О.Г., Карлутова О.Ю. Фото- и ионохромные спиropyраны для детектирования ионов лантаноидов	557
Евсеева В.В., Мащенко Е.Н. Разработка системы мониторинга объектов с изменяющимися параметрами на основе технологии беспроводных сенсорных сетей	560
Ельшин А.В. Метод поверхностных гармоник для нейтронно-физического расчета гетерогенного реактора с несимметричными ячейками	564
Еняков А.М., Панин О.А. О необходимости мониторинга шумового загрязнения морской среды в прибрежных акваториях	570
Епифанов А.О. Калибровка гамма-спектрометров по эффективности регистрации с использованием контрольных образцов с содержанием руды урана и тория	575
Ефремов А.Н., Дудолин А.А. Сравнительный анализ технологий термической утилизации ТКО для тепловой схемы экологически чистой ТЭС на ТКО	580
Живоглядова Л.А., Зуев Ю.А. Новые данные о фауне малощетинковых червей (Oligochaeta) нижнего течения р. Дон	587
Жубатов Ж., Степанова Е.Ю., Миркаримова Б.М. Воздействие нештатных падений ракет-носителей на окружающую среду	590
Жуйков Ю.Ф., Ильинский А.В., Кутузов Е.М., Патрикеев В.И., Рухман А.А., Сотниченко Е.А., Шиканов Е.А. Дистанционный контроль утечек продуктивных углеводородов из подводных магистральных трубопроводов	595
Жуйкова Т.В., Кривошеева А.В. Дефектность пыльцы <i>Taraxacum officinale</i> Wigg. s.l. в условиях техногенной трансформации среды	598
Журавлева Н.Г., Жомова А.И., Oddvar Ottesen Использование пинагора (<i>Cyclopterus lumpus</i>) для биологического контроля численности морских вшей <i>Lepeophtheirus salmonis</i>	602
Журавлева Н.Г., Жомова А.И., Oddvar Ottesen Морфология пинагора – не-традиционного объекта марикультуры	605
Журавлева Н.Г., Кудрявцева О.Ю., Чаус С.А. Влияние некоторых абиотических факторов на арктического гольца	608
Зайцев Н.К., Горшкова О.М., Шорин С.В., Чевель К. А. Использование ионоселективных электродов в мониторинге природных вод	611
Зайченко В.М., Кувшинов В.В., Лямина Н.В., Чернявский А.А., Якимович Б.А. О создании полигона новых энергетических технологий в Крыму	616
Зайченко В.М., Ларина О.М. Поведение тяжелых металлов в составе осадка сточных вод при пиролизической переработке	621
Зайченко В.М., Ларина О.М., Пудова Я.Д. Изменение характеристик продуктов торрефикации пометно-подстилочной массы в зависимости от температуры процесса	625

Зайченко В.М., Сычев Г.А. Автоматизация работы и функционирование установки по торрефикации гранулированной биомассы	630
Зайченко В.М., Торчинский В.М. Экспериментальные исследования неустойчивых режимов фильтрации газоконденсатных смесей	634
Зайченко В.М., Фалеева Ю.М., Крылова А.Ю. Пиролиз отходов сахарной и кофейной промышленности	640
Зайченко В.М., Чернявский А.А. Перспективные направления развития энергетики России	646
Зайченко В.М., Чернявский А.А. Развитие солнечной энергетики в России ...	656
Закаличная О.В., Мельничук А.Ю. Мониторинг трансформации многолетних насаждений на территории Симферопольского района Республики Крым	662
Занора Ю.А. Основные направления экологической деятельности на ФГУП «ПО «Маяк»	666
Захаров К.П., Дрынкин Г.К., Мезенцев И.В. Использование адсорбента при регенерации теплоты и влаги в регионах с субтропическим климатом	668
Захидов Р.А., Анарбаев А.И., Таджиев У.А. Вопросы анализа типичных графиков электронагрузок потребителей при энергоснабжении их от солнечной станции	671
Захидов Р.А., Таджиев У.А., Киселева Е.И. Тенденции развития сектора электроэнергетики Узбекистана и проблемы энергетической, экологической безопасности	677
Звягинцева А.В. Потенциальные возможности аккумулирования и хранения водорода в твердотельных материалах на основе никеля, алюминия и хрома	683
Зеленков В.Н., Латушкин В.В., Верник П.А., Гаврилов С.В., Новиков В.Б., Свистунова Н.Ю. Возможности экспериментального моделирования развития экосистем на моделях лекарственных растений в разных фазах онтогенеза при управляемом воздействии факторов среды на экспериментальном образце синерготрона ИСР 1.1	689
Зыкова Е.Н. Распределение гаммаактивных изотопов и тяжелых металлов в верхних почвенных горизонтах Северодвинского промышленного района ...	694
Иванова В.Е., Лаврентьева Г. В., Шошина Р.Р. Оценка неканцерогенного риска для здоровья населения от загрязнения атмосферного воздуха г. Калуги взвешенными веществами, диоксидом азота и оксидом углерода	699
Исмайылов Г.Х., Муращенкова Н.В. Оценка динамики водных ресурсов бассейна реки Оки в современных климатических условиях	704
Исмаходжаев С.К., Нуралиев Э.Н., Мубаракшин Р.Г. Разработка комплекса средств по снижению коррозии и загрязнения регенеративных вращающихся воздухоподогревателей котлов	709
Исьемин Р.Л., Ларина О.М., Муратова Н.С., Зайченко В.М., Милованов О.Ю., Михалев А.В., Кузьмин С.Н. К вопросу о коммерциализации результатов исследования процесса низкотемпературного пиролиза (торрефикации) биошлама, получаемого при анаэробном сбраживании осадка сточных вод и отходов сельского хозяйства	713

Кавеленова Л.М., Прохорова Н.В., Розно С.А. Об актуальных направлениях мониторинга, сохранения и расширения регионального фонда растительных ресурсов	717
Казанкова Э.Р., Корнилова Н. В. Техногенное воздействие на окружающую среду в районах функционирования подземных хранилищ газа	721
Казанкова Э.Р., Корнилова Н. В. Техно-геоэкологические проблемы Невского подземного хранилища газа	725
Казьмина А.И., Корой Е.И. Комплексный анализ природной среды учитываемый при реконструкции ландшафта курортов	729
Калиниченко С.А., Головешкин В.В., Шуранкова О.А. Влияние значительных для белорусского Полесья колебаний высоты на латеральное распределение ¹³⁷ Cs, ⁹⁰ Sr, ²⁴¹ Am в поверхностном слое почвы	733
Каплин В.Г. Биомониторинг загрязнений наземных экосистем	738
Каримов А.Р., Ильинский А.В., Терехов С.А., Кузнецов А.Ю., Баев В.К., Козловский К.И., Шиканов А.Е., Шиканов Е.А. О возможности создания электродинамической системы сбора космического мусора	742
Карнаухов Г.И. Оценка негативного воздействия на водные биоресурсы при проведении работ в русле реки Пшеха	747
Карпенко Н.П. Агроэкологический мониторинг орошаемых земель в зонах радиационного загрязнения	752
Кашкаров Р.Д. Подходы к устойчивому использованию ресурсов фауны Узбекистана	757
Квасова Т.А., Тупицына О.В. Обязательный мониторинг на нефтеперерабатывающих предприятиях и линейных сооружениях	763
Кирюхин А.В., Мильман О.О., Кондратьев А.В., Птахин А.В., Милосердов В.О. Расчетно – экспериментальное исследование возможности снижения передачи вибрации по трубопроводам энергетических установок активными методами	767
Ковалёв Н.И., Кравченко В.В., Лукина Л.И., Акимов А.М., Солдатова С.В. Технология переработки отвалов Камыш-Бурунского железорудного комбината с извлечением полезных промышленных материалов и переводом хвостохранилища в экологически безопасный объект	773
Ковалев Н.И., Лукина Л.И., Паштецкий В.С., Кравченко В. В., Солдатова С. В., Фролова Л.А. Исследование подземных сквозных водоносных потоков пресных вод на территории АР Крым	780
Ковехова А.В., Арефьева О.Д., Земнухова Л.А., Макаренко Н.В., Ремнев М.С. Углерод- и кремнийсодержащие сорбенты из отходов переработки риса для извлечения нефтепродуктов из загрязненных вод	787
Кожина Н.С., Андреев Т.И., Медведев О.В., Сомик К.Н. Мониторинг загрязнения прибрежных акваторий Азово-Черноморского бассейна	793
Колпакова Е.С. Содержание и состав хлорорганических соединений в воде стратифицированных озер	797
Комилов А.Г. Техничко-экономические аспекты локального использования фотоэлектрических систем	801

Кондакова Ю.В., Покальчук В.С., Шестаков И. А. Термодинамические изотопные эффекты трития в системе «водяной пар – раствор соли щелочного металла»	806
Корец М.А., Волокитина А.В. Методика и программное обеспечение для прогнозирования распространения пожара растительности	810
Корнейков Р.И., Иваненко В.И., Владимирова С.В. Извлечение цезия и стронция из растворов фосфатотитановыми и титанатными ионитами	815
Короли М.А., Анарбаев А.И. Вопросы применения когенерационных установок на котельных г. Ташкента	821
Косенко Ю.В. Особенности гидрохимического режима акватории Нижнего Дона в 2018 году	825
Косовская М.А., Ленивенко Н.Н., Лямина Н.В. Оценка степени защиты от акустического загрязнения примагистральных районов г. Севастополя	829
Косовская М.А., Лямина Н.В., Александрова С.С., Шинкоренко А.А., Якименко Е.Ю. Анализ состояния атмосферного воздуха основных магистралей г. Севастополя	834
Косовская М.А., Лямина Н.В., Ленивенко Н.Н., Савранский Ю.П. Контроль состояния атмосферного воздуха природного парка регионального значения «Максимова дача»	840
Косовская М.А., Лямина Н.В., Хренова Т.К., Раджабов В.Н. Оценка экологического состояния почвы природного парка регионального значения «Максимова дача»	846
Косолапова Э.В. Особенности ведения сельского хозяйства в районах Брянской области, пострадавших от загрязнения радионуклидами после Чернобыльской катастрофы	852
Кострыкина Т.А., Кочнева Л.А. Распределение бентоса в мелководной зоне западной части Северного Каспия в зависимости от вида грунтов	856
Косых Н.П. Мониторинг продуктивности болот	861
Краснов В.Г., Обозов А.Д. Обоснование направления к созданию рациональной схемы свободно поточного гидроагрегата	865
Кругликова А.В. Программный комплекс по оптимизации температурного режима в открытых очистных сооружениях канализации	869
Крысанова К.О., Крылова А.Ю. Теплофизические свойства биоугля, полученного гидротермальной карбонизацией торфа	873
Кряжева Е.Ю., Лаптева Е.М. Загрязнение водных экосистем в районе промышленных городов Севера (на примере города Ухта)	878
Кузин А.М. Возможности изучения путей миграции флюида в осадочном чехле и фундаменте сейсмическими методами	882
Кузнецов В.К., Санжарова Н.И., Панов А.В., Исамов Н.Н. Результаты радиационно-экологического мониторинга агроэкосистем в зонах воздействия Курской и Ростовской АЭС	887
Кузнецов К.Б., Пазуха А.А. Логико - вероятностная модель возникновения электрической травмы при эксплуатации контактной сети	892

Кулепанов В.Н., Дробязин Е.Н. Предметы антропогенного происхождения в траловых уловах на шельфе дальневосточных морей	897
Кулиева Н.Р., Оруджева Дж.Р. Содержание фотосинтетических пигментов в <i>Phaseolus Vulgaris L.</i> , семена которой подверглись предпосевному гамма-облучению	899
Куликова С.А., Винокуров С.Е. Кондиционирование РАО с использованием магний-калий-фосфатной матрицы для повышения радиоэкологической безопасности при хранении отвержденных отходов	902
Кульнева В.В., Звягинцева А.В. Построение прогностических моделей распространения нефти и нефтепродуктов на водных объектах	907
Ларионова Н.В., Ляхова О.Н., Айдарханов А.О. Использование растений для оценки радионуклидного загрязнения абиотических компонентов окружающей среды	913
Латипов Ш.Ш., Абдусаматов А.Ш., Керимзатов Н.З. Оптимальная транспортная задача электроэнергетики	917
Лой Н.Н., Санжарова Н.И., Гулина С.Н., Сулова О.В. Влияние ионизирующего излучения на посевные качества сельскохозяйственных культур	921
Лукина Л.И., Токтамыш О.К., Мастепанова О.И. Противопожарное обустройство лесов в Севастопольском лесничестве	926
Лукина Л.И., Шевцова И.В. Обращение с отходами при строительстве трассы Таврида	931
Лукутин Б.В., Оразбекова А.К. Использование фотоэлектрической станции для энергообеспечения животноводческих ферм Казахстана	936
Лусис А.В., Горбачева Т.Т., Иванова Л.А. Применение осветленных коммунальных стоков (ОКС) и осадка сточных вод (ОСВ) в качестве мелиорантов для рекультивации отвалов отходов рудообогатения (хвостов)	940
Ляхова О.Н., Айдарханов А.О., Актаев М.Р., Турченко Д.В., Айдарханова А.К. Проведение радиационного мониторинга на территории Семипалатинского испытательного полигона	945
Максименко А.Е., Максименко М.Г. Концепция развития Никитского ботанического сада (НБС-НИЦ РАН) с учетом эколобологических особенностей архитектурно-ландшафтного пространства	950
Малеев Н.В., Мхатвари Т.Я., Эренбург В.И. Совершенствование аэродинамических процессов в шахтах	955
Малышева А.Г. Недоучет трансформации веществ под влиянием природных и техногенных факторов – дополнительная экологическая опасность химического загрязнения окружающей среды здоровью населения	960
Мальченко Ю.А., Боброва С.А., Клименко Н.П. Оценка суммарного поступления гексахлорциклогексана из различных источников в воды Черного моря на основании данных о распределении его концентраций	966
Мамедова Н.Т., Кулиева У.А., Курбанов М.А. Радиационно-химическое разложение СПАВ в сточных водах	970
Мамедова С.М., Махмудов О.М., Курбанов М.А. Изучение кинетики и механизма фотохимических процессов с участием метана в воздушной среде	973

Мамедова С.М., Мустафаев И.И. Фотохимическое разложение органических молекул в воздушной среде	977
Маньковская Е.В., Морозов А.Н., Корчёмкина Е.Н. Биооптические характеристики и динамика прибрежных вод в районе Севастополя, подверженном антропогенному воздействию	980
Марков А.Д., Гольдин Е.Б. Организация комплексной системы управления популяциями парнокопытных в условиях современного охотничьего хозяйства	984
Маркова Ю.В., Понизов А.В., Чулков Н.В. Концептуальные положения долговременного мониторинга пунктов глубинного захоронения жидких радиоактивных отходов после закрытия	989
Матвеева А.А., Зализняк Е.А., Зализняк Е.Р. К вопросу экологической ответственности Российского бизнеса	993
Матузаева О.В., Чернявская С.А., Третьякова Л.В. Математическое описание шумов Черного моря	999
Матюшенко Е.Н. Очистка возвратных потоков площадки очистных сооружений канализации от биогенных элементов	1004
Махинов А.Н. Экологические последствия оползневых явлений на Дальнем Востоке	1010
Махинова А.Ф., Махинов А.Н. Эрозионно-аккумулятивные процессы на трансграничной территории в долине Амура: причины и последствия	1014
Махмудов А., Карабаев А.Н., Абдувосиев А. Влияние изменения условий эксплуатации Учкурганского гидроузла на его безопасность	1017
Махмудов Т.Ф. Вопросы эквивалентирования сложных электрических систем	1021
Махмудов Т.Ф. К вопросам подключения фотоэлектрических систем к электрическим сетям	1024
Махутов Н.А., Ахметханов Р.С., Гаденин М.М., Резников Д.О., Юдина О.Н. Техногенные риски в комплексных проблемах безопасности	1027
Медведева О.Н., Чиликин А.Ю. Прогнозирование аварийности, рисков и отказов на системах газораспределения	1032
Меджидов М.Д., Ахмедова А.Г., Мустафаев И.И. Химический риск свинца на здоровье человека	1036
Мелентьев Г.Б. От ядерно-геотехнологического проекта «Днепр» – к ликвидации складированных крупнотоннажных поликомпонентных хвостов обогащения редкометалльно-глиноземно-фосфатных руд в Хибинах	1039
Мельников Ю.И. Методологические подходы к организации экологического мониторинга природных экосистем на основе особо охраняемых природных территорий	1046
Милюткин В.А., Розенберг Г.С., Саксонов С.В., Бородулин И.В., Агарков Е.А. Технично-технологическое обоснование сбора и заготовки сине-зеленых водорослей для последующей их переработки	1051
Мин Тху, Мьят Мин Тху, Со Вин Мьинт, Нистратов А.В., Клушин В.Н. Показатели пористой структуры и адсорбционной способности целевых продуктов трансформации в активные угли оболочек косточек сливы	1055

Миндубаев А.З., Бабынин Э.В., Бадеева Е.К., Минзанова С.Т., Миронова Л.Г. Влияние состава культуральных сред на биодegradацию белого фосфора	1060
Митишова Н.А. К вопросу оценки промышленной безопасности подземных горных работ по фактору взрыва сульфидной пыли	1065
Митропольская Ю.О. Территориальный, видовой и природоохранный анализ териофауны Ташкентской области	1069
Митрофанова О.В., Ивлев О.А., Уртенев Д.С., Устинов В.С. Способы повышения безопасности, надежности и эффективности работы транспортных ядерных энергетических установок	1075
Митрофанова С.А. Геометрический коэффициент отражения солнечных коллекторов с составными отражателями	1080
Михайловская Л.Н., Модоров М.В., Шималина Н.С., Позолотина В.Н. Накопление ⁹⁰ Sr березами на территории Восточно-Уральского радиоактивного следа	1084
Моисеев Д.В. Методология вероятностного представления и преобразования информации	1089
Мударисова Р.Х., Куковинец О.С., Сагитова А.Ф. Комплексообразование яблочного пектина с органическими и неорганическими низкомолекулярными биорегуляторами и получение на их основе новых материалов, обладающих антимикробной активностью	1097
Музафаров А.М., Аллаберганова Г.М., Мустафоев М.А. Методика проведения изотопного анализа урана в различных природных водах ураноносных регионов Узбекистана	1104
Музафаров А.М., Аллаберганова Г.М., Мустафоев М.А. Мониторинг и оценка мощности эффективной дозы в техногенных объектах урановых производств	1108
Муравьев Е.В. Концепция сравнительных оценок объектов ядерной энергетики по потенциалу опасности	1112
Муравьев Д.И., Лукутин Б.В. Применение распределенной фото-дизельной системы электроснабжения постоянного тока в вопросах обеспечения энергетической безопасности	1116
Мурашко Ю.А., Ширькова А.А. Особенности химического состава загрязнителей атмосферы сопредельных территорий ХМАО-Югры и ЯНАО по данным исследований зимних осадков	1121
Мурзамуратова Л.С., Газаев Х.-М.М. Почвы Чегемского ущелья Кабардино-Балкарского государственного заповедника	1126
Муровский С.П., Гирич Д.М. Задачи модернизации солнечных электростанций	1129
Мхитарьян И.Д. Исследования радиоактивного загрязнения донных отложений реки Дон	1134
Мыслина М.А., Вареник А.В., Майборода С.А. Сравнительный анализ содержания биогенных элементов в атмосферных осадках в районах г. Севастополя и пгт. Кацивели (Южный берег Крыма) в 2017 – 2018 гг.	1137

Мьят Мин Тху, Мин Тху, Со Вин Мьинт, Нистратов А.В., Клушин В.Н. Свойства зерновых адсорбентов, полученных на базе гуза-паи	1142
Назин А.С., Назин Я.А. Морфологические аберрации надклювья птиц «Шалкаро-Жетыкольского Озёрного района» (Оренбургское степное Зауралье)	1147
Наинг Линн Сое, Зин Мое, Мин Тху, Мьят Мин Тху, Со Вин Мьинт, Ни- стратов А.В., Клушин В.Н. Способность дисперсных отходов переработки растительного сырья в активные угли к фиксации пленочных нефтепродуктов	1152
Некрасов В.Н. Методы и средства контроля акустического загрязнения вод- ных акваторий	1156
Некрасова Л.П. Актуальные проблемы оценки качества и химической без- опасности водных объектов	1161
Некрасова С.О. Варианты создания ускоренного развития аквакультуры в Астраханской области	1165
Ненашев Р.А., Борисенко В.Л., Баленок А.А., Чудинов А.Н., Шабалева М.А. Распределение ¹³⁷ Cs и ⁹⁰ Sr в водных экосистемах белорусского секто- ра зоны отчуждения Чернобыльской АЭС	1168
Нефедова Л.В., Моргунова М.О., Соловьев Д.А. Потенциал и риски развития возобновляемой энергетики для повышения энергетической и экологической безопасности в Арктическом регионе	1173
Нечаев А.Ф., Прояев В.В. Состояние нормативно-правовой базы в сфере управления радиоактивными отходами	1178
Никанорова Е. А., Иванов К. Ю., Нагиба В.И., Варганова И.А., Медведев Я.И. Исследование повреждаемости ДНК клеток различных тканей электромагнитным излучением радиочастотного диапазона методом «ДНК- Комет»	1183
Новых А.В., Свириденко И.И., Капустянский М.С. Применение технологии аккумулирования тепловой энергии в «умном городе»	1187
Нурзай В.А., Быковский Ю. М., Халина А.А. Оптическая система измерения параметров вибрации на производстве	1192
Нурматов О.Ё. Анализ переходных процессов в электрической системе с насосными станциями	1201
Овчинников Д.В., Овчинников С.Д. Леса Алтая. Дендроклиматический аспект	1206
Огуречников А.А., Экзарьян В.Н. Формирование кадастра объектов атомной энергетики – приоритетное направление по обеспечению экологической безопасности	1209
Омельчук Ю.А., Кучерик Г.В., Заблоцкая Е.В. Динамика качества вод малых рек региона Севастополя	1214
Остах О.С., Кушеева В.С. Иерархический подход получения почвомодификаторов для рекультивации кустовых площадок нефтегазовых месторождений	1219
Остах С.В. Методология заблаговременного прогнозирования динамики нефтехимических и радиационно опасных воздействий чрезвычайных си- туаций в нефтегазовой отрасли	1223

Остах С.В., Ольховикова Н.Ю. Комплексирование методов и адаптация методик обнаружения площадных загрязнений отходами предприятий нефтехимического комплекса	1228
Очеретяный В.А., Матвеев В.Т., Дологлонян А.В. Когенерационные микрогазотурбинные установки для энергообеспечения локальных объектов	1233
Павлищева Т.А., Нанг Линн Сое, Зин Мое, Со Вин Мьинт, Нистратов А.В., Клушин В. Н. Показатели продуктов активации карбонизата древесины пуинкадо углекислым газом	1237
Павловец Г.Я., Мелешко В.Ю., Бурдикова Т.В. Способы модификации высокодисперсных компонентов энергоёмких композиций	1241
Пак С.Я., Абакумов А.И. Контроль биоресурсного состояния отдельных районов дальневосточных морей средствами математического моделирования с использованием данных дистанционного зондирования ...	1246
Панов А.В., Санжарова Н.И., Кузнецов В.К., Спиридонов С.И., Курбаков Д.Н. Обзор подходов к радиационно-экологическому мониторингу в районах размещения радиационно-опасных объектов	1250
Панченко В.А. Моделирование солнечных теплофотоэлектрических модулей различной конструкции	1255
Пенджиев А.М. Концептуальный подход использования энергии малых рек в условиях Туркменистана	1260
Перетыкин А.А., Андреева С.И., Левина С.Г., Девятова Е.В., Пряхин Е.А. Брюхоногие моллюски радиоактивно-загрязнённых водоемов ПО «Маяк» и водоема сравнения – Шершневого водохранилища г. Челябинска	1267
Пермяков В.Н., Хайруллина Л.Б. Обеспечение безопасности оборудования нефтегазового комплекса с использованием комбинированной диагностики	1273
Першин П.С., Вальцева А.И., Суздальцев А.В., Зайков Ю.П. Устройство контроля активности кислорода для реакторов пирохимической переработки ОЯТ	1277
Пичугина П.В. Мониторинг полигона для захоронения отходов на ФГУП «ПО «Маяк»	1283
Плотникова О.А., Мельников Г.В., Тихомирова Е.И. Люминесцентные методы определения экотоксикантов в экологическом мониторинге окружающей среды	1285
Погорелов А.Г., Кузнецов А.Л., Суворов О.А., Ипатова Л.Г., Погорелова В.Н., Панаит А.И. Разрушение бактериальной пленки посредством католита	1289
Подрезова П.С., Губанов В.В. Сезонное распределение ихтиопланктона в акватории Севастопольской бухты	1293
Пономарев Е.И., Пономарева Т.В., Масягина О.В., Швецов Е.Г. Спутниковый мониторинг пожаров и моделирование послепожарных эффектов в бореальных лесах Сибири	1298
Пономарева Т.В., Пономарев Е.И. Структурная организация техногенных почв	1303

Пономаренко П.А., Фролова М.А. О средней плотности потока космических нейтронов по земному шару	1307
Поползухина Н.А., Кротова Л.А., Поползухин П.В., Якунина Н.А. Адаптивная система селекции и семеноводства яровой мягкой пшеницы в Западно - Сибирском регионе	1310
Поползухина Н.А., Поползухин П.В., Хамова О.Ф., Сейтуарова А.Д., Стрелецкий А.М., Божко А.А., Киселев А.С., Кадермас И.Г. Использование diaзотрофной бактериализации для повышения урожайности и качества зерна зерновых и зернобобовых культур	1315
Пустовалов А.А., Цветков Л.А., Мандругин А.А., Баранов Н.Н. Радионуклиды для бета-вольтаических мини батарей	1320
Пухлий В.А., Мирошниченко С.Т., Журавлев А.А., Потехин В.Г. Современные технологии очистки высокотемпературных газов	1326
Пухлий В.А., Мирошниченко С.Т., Журавлев А.А., Потехин В.Г., Пухлий П.В. Космический мусор и его утилизация	1332
Пхйё Мьинт У, Антропова И.Г., Кузнецов А.Е. Исследование радиопротекторных и антиоксидантных свойств препаратов растительного происхождения	1337
Рамазанова Ф.М. Гумус серо-бурых почв полупустынной зоны Азербайджана как экологическая основа плодородия	1340
Рафальская Т.А. Энергетическая безопасность систем теплоснабжения в аварийном режиме работы	1347
Рахимов Э.Ю., Вохидов А.У., Хаитмухамедов А.Э. Модернизация сектора теплоснабжения Республики Узбекистан с внедрением солнечных технологий	1352
Рашидов Ю.К. Переработанные строительные нормы и правила «Установки солнечного горячего водоснабжения»	1357
Рашидов Ю.К. Системы солнечного теплоснабжения: мировой опыт и перспективы развития в условиях Узбекистана	1361
Рашидов Ю.К., Исмоилов М.М., Орзиматов Ж.Т., Рашидов К.Ю., Каршиев Ш.Ш. Повышение эффективности плоских солнечных коллекторов в системах теплоснабжения путём оптимизации их режимных параметров	1366
Рашидов Ю.К., Исмоилов М.М., Рашидов К.Ю., Файзиев З.Ф. Определение оптимального количества расчётных слоев многослойного водяного стратификационного аккумулятора теплоты при расчете саморегулирующегося активного элемента	1372
Рашидов Ю.К., Исмоилов М.М., Рашидов К.Ю., Файзиев З.Ф. Повышение равномерности распределения потока жидкости по подъемным трубам лучепоглощающей теплообменной панели солнечного водонагревательного коллектора листотрубного типа в условиях принудительной циркуляции при действии объёмных сил	1377
Рашидов Ю.К., Каршиев Ш.Ш., Рашидов К.Ю., Орзиматов Ж.Т. Самодренлируемые гелиоустановки: особенности защиты от гидравлических ударов при пуске и остановке циркуляционных насосов	1383

Рашидов Ю.К., Орзиматов Ж.Т., Исмоилов М.М. Воздушные солнечные коллекторы: перспективы применения в условиях Узбекистана	1388
Рашидов Ю.К., Орзиматов Ж.Т., Рашидов К.Ю., Файзиев З.Ф. Метод гидравлического расчёта теплообменной панели солнечного водонагревательного коллектора листотрубного типа с заданной неравномерностью распределения потока жидкости в условиях принудительной циркуляции	1391
Ревкова Т.Н., Ануфриева Е.В., Шадрин Н.В. Насколько полны наши знания о существующем видовом богатстве NEMATODA залива Сиваш?	1396
Резников Д.О., Махутов Н.А. Оценка, нормирование и управление техногенными рисками в промышленности и энергетике	1399
Ремизов М.Б., Козлов П. В., Власова Н. В., Беланова Е. А., Руденко А. В., Катаев А. А., Редькин А. А., Ткачева О. Ю., Докутович В. Н., Филатов Е. С., Зайков Ю.П. Исследование свойств расплавов боросиликатных стекол для иммобилизации радиоактивных отходов	1406
Ролевич И.В., Морзак Г. И. Зеленухо Е.В. Формирование информационно-образовательной среды в учреждениях высшего образования для изучения предметов в области ядерной и радиационной безопасности	1411
Романовский М.В., Селиваникова О.В. Разработка базы имитационных моделей объектов использования ядерной энергетики	1416
Рубцова С.И. Почвенный покров Севастополя: проблемы и пути решения	1419
Рыльникова М.В., Радченко Д.Н., Залевская К.Н., Лавенков В.С. Проблемы и перспективы вовлечения хвостов обогащения золото-мышьяковистых руд в эксплуатацию для решения экологических проблем региона	1422
Рыльникова М.В., Радченко Д.Н., Цупкина М.В., Гавриленко В.В. Вовлечение техногенных минеральных объектов в полный цикл освоения рудных месторождений: решение проблем техносферной безопасности	1428
Саванина Я.В., Барский Е.Л., Фомина И.А., Лобакова Е.С. Очистка сточных вод от ионов тяжелых металлов, радионуклидов и химических загрязнителей с использованием диализной культуры цианобактерий	1433
Савчук И.В., Суринский Д.О. Теоретический анализ расчета конструктивных параметров и технические решения применения видеосветоловушек для мониторинга насекомых вредителей	1438
Самойлова Т.А. Вариабельность характеристик выклева и роста артемии, применяемой в биотестировании водной среды	1442
Санина Д.В. Особенности воздействия полигонов ТКО на окружающую природную среду и технологические способы её рекультивации	1446
Сапаров М.И., Ермоленко Г.В., Рахимов А.С., Хлебникова Л.Л. Мониторинг дорожной карты по ключевым вопросам экологии, энергоэффективности и ВИЭ в электроэнергетике стран СНГ	1449
Сауткина Т.Н., Медведева О.Н., Чеснокова Е.В. Методика оценки эксплуатационного состояния трубопроводов инженерных систем	1452
Сафонов В.А., Лапа М.В., Восканян А.А., Бордан Д.Ф. Комбинированное использование ВЭУ с устройством для обмолота сельхозкультур	1455

Сафронов А.М., Данилович А.С., Смирнов С.В. Применение дистанционных методов при реабилитации хранилищ РАО и ОЯТ на территории бывшей береговой технической базы в зато г. Островной	1461
Семавин К.Д., Аллаяров С.Р., Фролов И.А., Голодков О.Н. Пострадиационная лазерная абляция гамма-облученного поливинилового спирта и полиэтилена	1466
Семеновых С.В. Независимая проверка глав предварительного отчета по обоснованию безопасности АЭС «Ханхикиви-1» и тематических отчетов, посвященных вопросам радиационной защиты	1469
Середа Л.Н.^{1,2} Морфологическая изменчивость кустарничков в градиенте техногенного загрязнения на Кольском Севере	1474
Сигора Г.А., Ляшко Т.В., Хоменко Т.Ю. О проблемах охраны источников нецентрализованного водоснабжения в пределах городской территории Севастопольского региона	1479
Сигора Г.А., Ничкова Л.А. Оптимизация мониторинга загрязненности атмосферного воздуха на территории г.Севастополя	1483
Сиденко Н.В., Панов А.В. Многолетняя динамика метеорологических условий в экосистемах арктической тундры в прибрежной полосе центральной Сибири	1488
Силаева О.Л., Звонов Б.М. Актуальные проблемы орнитологической безопасности в аэропортах и на птицефабриках	1493
Синельщиков В.А., Директор Л.Б. Утилизация летучих продуктов низкотемпературного пиролиза биомассы	1498
Скатков А.В., Брюховецкий А.А., Моисеев Д.В. Обнаружение аномалий экосистем акваторий г. Севастополя на основе Марковской модели	1502
Скрипникова Е.В., Трофимов И.А., Емельянов А.В. Микробиологический мониторинг антропогенно трансформированных почв в условиях Центрального Черноземья	1506
Скуратовская Е.Н., Чеснокова И.И., Сигачёва Т.Б., Гостюхина О.Л., Андреевко Т.И., Прохорова Д.А., Параскив А.А., Сербин А.Д. Оценка состояния прибрежно-морской акватории г. Севастополя по реакции прооксидантно-антиоксидантной системы гидробионтов-индикаторов	1511
Смольский С.Л., Коротынский А.В, Крюков Е.С. Обеспечение ядерной и радиационной безопасности исследовательских ядерных установок	1516
Со Вин Мьинт, Аунг Хтут Тху, Клушин В.Н. Продукты щелочной обработки карбонизата рисовой шелухи	1520
Собиров Ю.Б., Абдурахманов А.А. Усовершенствование процесса юстировки facets гелиостатов большой солнечной печи Узбекистана	1524
Собиров Ю.Б., Юлдошев И.А., Жамолов Т.Р., Шогучкаров С.К. Возможности использования ресурса ветряной энергии в Узбекистане	1529
Сокут Л.Д., Завада В.А. Особенности выбора трансформаторного оборудования ветровых и солнечных электростанций для повышения надежности их эксплуатации	1534
Сокут Л.Д., Иванова Е.В. Программы для автоматизированной системы расчета на ЭВМ параметров солнечной электростанции	1540

Солдатов Д.К., Гавриш О.П., Заблоцкая Е.В. Рекультивация нефтезагрязненных прибрежных зон и пляжей	1546
Софронов В.Л., Макасеев Ю.Н., Муслимова А.В., Дамм Ю.П. Поляризация магниевых сплавов, используемых при производстве фтора	1550
Спиридонов С.И., Кузнецов В.К., Панов А.В., Титов И.Е. Подход к оптимизации радиоэкологического мониторинга в регионах размещения предприятий ядерного топливного цикла	1555
Стебков Д.С., Пенджиев А.М. Проект солнечной электростанции с параболоцилиндрическими концентраторами в пустынной зоне Каракумы	1560
Стрекалов С.Д. Экспериментальное подтверждение существования корония и ньютония, предсказанного Д.И. Менделеевым	1565
Стрекалов С.Д., Стрекалова Л.П., Курбатов В.В. Сравнительный анализ ветропреобразователей волнового типа	1567
Струков К.И., Князькин Е.А., Туркин И.С. Энергия шахтной воды как дополнительный источник питания системы электроснабжения подземных рудников золоторудных месторождений	1573
Суринский Д.О., Савчук И.В. Теоретические аспекты расчета основных конструктивных параметров энергосберегающего электрооптического преобразователя для мониторинга численности и вида насекомых-вредителей	1577
Сутурин А.Н. Ремедиация антропогенно нарушенных и засушливых территорий	1582
Сутягин А.А., Левина С.Г., Дерягин В.В. Распределение долгоживущих радионуклидов в почвах супераквального элемента ландшафта водосборных территорий некоторых озер дальней зоны ВУРСа	1585
Тенькаева А.С., Звягинцева А.В., Мозговой Н.В. Анализ риска на надземном газопроводе среднего давления в сети газопотребления	1590
Терентьев А.С. Влияние состава грунта на видовое разнообразие зообентоса Джарылгачского залива Черного моря	1596
Терещенко Н.Н. Комплексная оценка экологического состояния акваторий в отношении техногенных радионуклидов плутония	1601
Тихонова О.А., Христофорова Н.К., Дроздовская О.А., Афанасьев А.П. Взаимное увеличение концентрации никеля в макрофитах и численности микроорганизмов-индикаторов нефтяного загрязнения в бухтах Козьмина и Врангеля (зал. Петра Великого, Японское море)	1606
Трапезникова В.Н., Коржавин А.В., Николкин В.Н., Трапезников А.В., Платаев А.П. Результаты многолетнего мониторинга ихтиофауны Белоярского водохранилища	1609
Трофимов А.Г., Карсаков А.Л., Сентябов Е.В. Современное состояние мониторинга условий морской среды в морях Европейского Севера	1613
Трофимов И.А., Косолапов В.М., Трофимова Л.С., Яковлева Е.П., Семенов Ю.М., Лямина Н.В. Экобиологические проблемы и комплексное управление агроландшафтами Восточной Сибири	1618
Трофимов И.А., Трофимова Л.С., Опарина О.С., Опарин М.Л. Экобиологические проблемы и сохранение орнитофауны в степных агроландшафтах	1622

Трофимов И.А., Трофимова Л.С., Яковлева Е.П., Рыбальский Н.Г., Снакин В.В., Емельянов А.В., Скрипникова Е.В., Горбунов А.С., Быковская О.П., Лямина Н.В. Экобиологические проблемы и приоритеты сельскохозяйственной деятельности юга России	1626
Трофимов И.А., Трофимова Л.С., Яковлева Е.П., Семенов Ю.М., Лямина Н.В. Геосистемная основа оценки и контроля состояния окружающей среды	1629
Трофимов И.А., Трофимова Л.С., Яковлева Е.П., Семенов Ю.М., Лямина Н.В. Картографическое моделирование состояния и динамики агроэкосистем	1633
Тряпицына Г.А., Пряхин Е.А. Адаптационные реакции у рыб при хроническом радиационном воздействии	1636
Турина Е.Л., Ростова Е.Н. Возможность возделывания масличных культур семейства Brassicaceae в Крыму для использования в качестве возобновляемых источников энергии	1642
Тюпина Е.А., Крупская В.В. Бентониты российских месторождений как перспективный материал для изоляции радиоактивных отходов	1647
Усягина И.С., Ильин Г.В., Мещеряков Н.И., Валуйская Д.А. Источники природных и искусственных радионуклидов на архипелаге Шпицберген	1650
Уханова А.А., Зин Мое, Наинг Линн Сое, Со Вин Мьинг, Нистратов А.В., Клушин В.Н. Условия и результаты хлорцинковой активации оболочек семян манго	1655
Ушакова Ю.Н., Калинина Л. А., Пентин М.А., Михайличенко Т.В., Кошелева Е.В. Определение ширины области гомогенности нестехиометрических полупроводниковых сульфидов кадмия и серебра	1659
Федорова Н.В., Бундикова В.Р., Коломийцева А.М., Щеглов Ю.В., Федоров Ю.В. Моделирование теплопотребления в ЖКХ методами нечеткой логики	1664
Федорова Н.В., Шафорост Д.А., Нуждин А.В., Курнакова Н.Ю., Ушаков Ф.И. Функциональное моделирование модернизации системы воздухообмена промышленного предприятия на примере НЭВЗ	1669
Федорова С.А., Пенькова Е.А., Решетник Л.В., Григорян К.А. Перспективы использования нанопорошка диоксида кремния при обращении с РАО	1676
Филонова Е.Н. Контроль акустической ситуации на строительной площадке	1679
Фиськов А.А., Безлепкин В.В., Семашко С.Е., Погребенков В.М., Дитц А.А. Исследование осаждения нерастворимых аэрозолей на теплообменных поверхностях системы пассивного отвода тепла от защитной оболочки при авариях на АЭС	1683
Фокина Л.Н., Смолянский М.С., Кучишкина Н.В. Гидрохимический мониторинг водохранилищ Волго-Донского судоходного канала за период 2016-2018 гг	1688
Фрид С.Е., Рахимов Э. Ю., Болиев Б.Б. К вопросу производительности плоских солнечных гелиоустановок	1693
Фролов И.А., Аллаяров С.Р., Демидов С.В. Влияние предварительного гамма - облучения на лазерную абляцию полиамида	1698

Фролова М.А., Пономаренко П.А. О бомбардировке Нагасаки и ее последствиях	1703
Хабибова Н.З., Москвичев С.С. Оценка эффективности процесса теплопроводности в стенке трубчатых реакторов	1707
Хасанов М.Ш., Садыхов Г.Б., Заблоцкая Ю.В., Анисонян К.Г., Олюнина Т.В., Смирнова В.Б. Новый комплексный способ переработки бедных железистых латеритных руд Южного Урала	1712
Хошимов Ф.А. Анализ режимов электропотребления промышленных предприятий	1716
Хуснутдинов А.Н., Николаева Л.А. Получение серы из сероводорода при регенерации сорбционного материала	1720
Хуснутдинова Э.М. Применение трехзаходных шнековых вставок при ламинарном режиме течения жидкости	1723
Церенова М.П. Геоэкологическая оценка и районирование Черноморского побережья Туапсинского района	1726
Цыба А.А., Сколубович Ю.Л., Войтов Е.Л. Очистка ливневых сточных вод предприятий угольной промышленности	1731
Чепыженко А.И., Чепыженко А.А. Комплексный инструментальный экологический мониторинг акваторий портов и бухт в условиях стрессовой техногенной нагрузки: информативные параметры, методы и средства контроля	1735
Чернова Н.И., Киселева С.В., Власкин М.С., Григоренко А.В. Проблемы получения биотоплива гидротермальным сжижением микроводорослей	1741
Чернышов А.С., Якимович Б.А., Кувшинов В.В. Создание дополнительных условий для работы ВИЭ на оптовом рынке электрической энергии и мощности для улучшения оперативно-диспетчерского управления энергосистемы республики Крым и города Севастополя	1747
Шайтор Н.М., Рясков Ю.И. Глубоководные технологии электромеханического преобразования энергии	1752
Шаленный В.Т. Повышение безопасности и качества производства работ по модернизации стен гражданских зданий	1757
Шаплыгина Ю.Н., Курочкина Т.Ф. Сорбционно-удерживающее средство ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов на основе растительного сырья	1761
Шарай Е.Ю., Девисилов В.А. Модель разделения суспензий в гидродинамических фильтрах	1764
Шашуловская Е.А., Мосияш С.А. Гидрохимический режим Волгоградского водохранилища в подледный (зимний) период	1768
Швыдкий В.О., Штамм Е.В., Травин С.О., Шишкина Л.Н., Скурлатов Ю.И. Токсикологический контроль тиольных соединений методами биотестирования на примере комплекса [Fe(II) – Тиофосфат натрия]	1773
Шевченко А.Л., Зайченко В.М., Сычев Г.А. Получение биоугля с использованием экзотермической реакции	1779

Шевченко В.И., Бродовский Т.А. Мобильное приложение для обработки и представления метеорологических данных	1784
Шестаков И.А., Покальчук В.С., Кондакова Ю.В. Определение коэффициента распределения трития между объемной и гидратной водой в водных растворах полиэтиленгликолей	1789
Широколобова Т.И., Болтенкова М.А., Махотин М.С., Венгер М.П., Водопьянова В.В. Бактериопланктон области смешанных вод карскоморских эстуариев	1793
Шишкина Л.Н., Повх А.Ю., Швыдкий В.О., Штамм Е.В. Взаимосвязь процессов перекисного окисления липидов с интенсивностью люминесценции биосенсора «Эколюм»	1797
Шкаев А.Э., Шкаева Н.А. Динамика радиационных рисков содержания крупного рогатого скота в отдаленный период после радиационных аварий	1802
Шошина Р.Р., Молодык А.Д., Ваганов Г.А. Практическое применение метода целевой региональной системы мониторинга поверхностных водных объектов на примере Калужской области	1806
Шумилова М.А., Петров В.Г. Новые подходы в организации мониторинга окружающей среды	1811
Щодро А.Е., Чепыженко А.И. Адаптация метода локальных турбулентных возмущений гидродинамической структуры прибрежных потоков для снижения антропогенной нагрузки в устьевой и прибрежной акваториях ...	1816
Щодро А.Е., Чепыженко А.И. Гидродинамические циркуляционные процессы в прибрежной зоне	1821
Юсупов Д.Т. Повышение эффективности работы силовых трансформаторов за счет очистки масла на месте эксплуатации с использованием керамической фильтрующей установки	1826
Якушин Р.В., Колесников В.А., Бродский В.А., Перфильева А. В.Соловьева И.Н. Обезвреживание водных растворов органических веществ воздействием барьерного разряда	1830
Яркова Т.А. Актуальные проблемы лицензирования деятельности при обращении с отходами производства и потребления на ФГУП «ПО «Маяк»	1834
Яхьяев А.Б., Рафили Ш.Ф., Гаджиева И.Б., Повышение пожароустойчивости деревянных конструкций построек специального назначения	1837

HYBRID POWER GENERATION BY USING SOLAR AND WIND ENERGY

Abdali Layth Mohammed Abdali¹, B.A. Yakimovich², V.V. Kuvshinov², N.V. Morozova²

¹University of Kufa, Najaf Governorate - kufa, Iraq; e-mail: laithm.abood@uokufa.edu.iq

²Sevastopol State University, Institute of Nuclear Energy and Industry, Sevastopol, RF

Alternative energy sources have become a popular renewable source of electrical energy, where the product of electricity by conventional means is unpractical. Now, electricity is the most requisite means for man. All the energy resources are depleting day by day. Consequently, we must move from traditional to non-traditional energy resources. In this state, a mix of two energy resources occurs. This operation excites sustainable energy exchequer without harming nature. We can give uninterrupted energy using a hybrid system of energy. This system consists of the integration of a dual-energy system that will provide stable power. Solar panels are used to convert solar energy, and wind turbines are used to convert wind energy into electricity. The article discusses the cases of power generation using two sources, which leads to the obstetrics of electricity at affordable prices without disrupting the natural balance.

Introduction. The uses of energy have evolved as humans have changed patterns of energy consumption. Although renewable resources such as wind, water, and biomass were the first sources of energy tapped to provide heat, light, and usable power, it was the energy stored in fossil fuels and, more recently, nuclear power that fueled the tremendous expansion of the world industrial, residential, and transportation sectors during the 20th century. But as fossil-fuel consumption has increased, a result of population growth and growth in our standard of living, so have the concerns over energy security and the negative impacts of greenhouse gases on the environment [1]. Volatilities in foreign energy markets affecting fuel prices and availability have long raised the issue of domestic energy security. In addition, recent concerns over the limited supply of fossil fuels and the greenhouse gases released by fossil-fuel combustion have spurred efforts to utilize renewables resources-wind, sunlight, biomass, and geothermal heat—to meet energy demands. At this time, renewable sources of energy, or renewables, have enormous potential to reduce the negative impacts of energy use and to increase the domestic resource base. The fundamental challenge is collecting the energy in renewable resources and converting it to usable forms at the scales necessary to allow renewables to contribute significantly to domestic energy supply [2] [3].

A central issue for the future world for energy systems are the role that renewable resources will play in electricity generation. Renewable electricity presents a significant opportunity to provide domestically produced, low carbon dioxide (CO₂)–emitting power generation and concomitant economic opportunities. Although renewable electricity generation has increased over the past 20 years, the percentage of the world electricity generation from non-hydroelectric renewable [4].

Through continued technological advances are critical, economic, political, and deployment-related factors and public acceptance are key factors in determining the contribution of renewable electricity. Meeting the opportunity that renewables offer to improve the environment and energy and economic security will require a huge scale-up in deployment and increased costs over current fossil-fuel generating technologies. Additional requirements include the capacity to more efficiently manufacture and deploy equipment for the generation of electricity from renewables and policies that have a positive impact on the competitiveness of renewables and the ease of integration of renewables into the electricity markets [5].

Renewable Energy Resources. Renewable energy (clean energy) resources are the ones that are persistently available and renewing itself with the time. Industrialization and

increasing world population has remarked the using of renewable energy resources. Solar power, wind power, tide power, biomass, geothermal power, wave power is known ones [6].

1. Solar Power. Solar Power is the conversion of energy from sunlight into electricity, either directly using photovoltaics (PV), indirectly using concentrated solar power, or a combination. Concentrated solar power systems use lenses or mirrors and tracking systems to focus a large area of sunlight into a small beam. Photovoltaic cells convert light into electric current using the photovoltaic [7]. It is an important source of renewable energy and its technologies are broadly characterized as either passive solar or active solar depending on how they capture and distribute solar energy or convert it into solar power. Active solar techniques include the use of photovoltaic systems, concentrated solar power, and solar water heating to harness the energy [8]. Passive solar techniques include orienting a building to the Sun, selecting materials with favorable thermal mass or light dispersing properties, and designing spaces that naturally circulate air as seen in Figure 1.



Fig. 1. Solar power plant.

It is an important source of renewable energy and its technologies are broadly characterized as either passive solar or active solar depending on how they capture and distribute solar energy or convert it into solar power. Active solar techniques include the use of photovoltaic systems, concentrated solar power, and solar water heating to harness the energy [9]. Passive solar techniques include orienting a building to the Sun, selecting materials with favorable thermal mass or light dispersing properties, and designing spaces that naturally circulate air as shown in Figure 2.

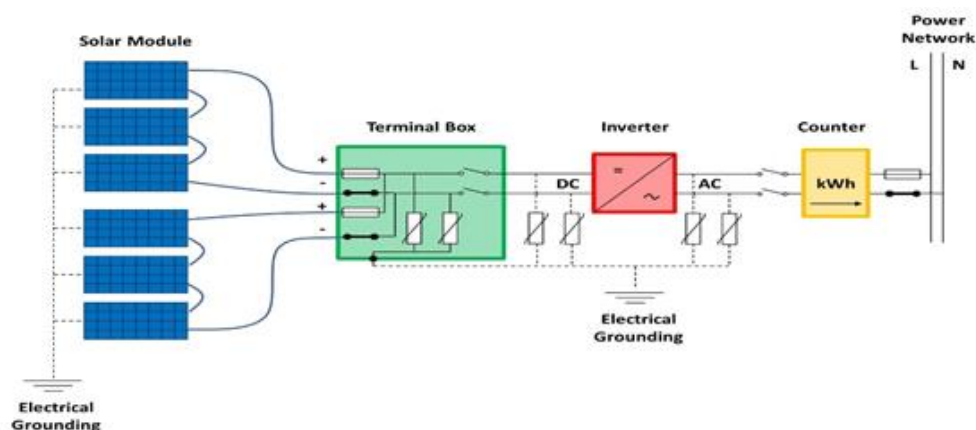


Fig. 2. Block diagram of solar energy conversion system

2. Wind Power. Wind power is the use of airflow through wind turbines to provide the mechanical power to turn electric generators. Wind power, as an alternative to burning fossil fuels, is plentiful, renewable, widely distributed, clean, produces no greenhouse gas emissions during operation, consumes no water, and uses little land [10]. The net effects on the environment are far less problematic than those of fossil fuel sources. Wind farms consist of many individual wind turbines, which are connected to the electric power transmission network. Onshore wind is an inexpensive source of electric power, competitive with or in many places cheaper than coal or gas plants [11]. Offshore wind is steadier and

stronger than on land and offshore farms have less visual impact, but construction and maintenance costs are considerably higher. Small onshore wind farms can feed some energy into the grid or provide electric power to isolated off-grid locations as shown in Fig 3.

On the other hand, power production capacity based classification has four subclasses.

- Small Power Systems
- Moderate Power Systems
- Big Power Systems
- Megawatt Turbine

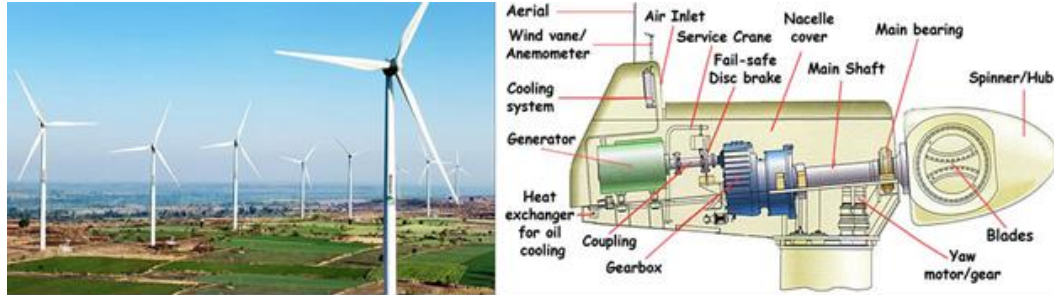


Fig. 3. Wind turbine

Modeling Of Hybrid Energy System Pv/Wind/Battery. A hybrid solar-wind system be composed wind turbine, PV array, inverter, battery bank, controller and cables [12]. The PV array and wind turbine working with each other to satisfy the demand. When energy sources (solar-wind) are abundant, the generated power from the solar, in the day time will continue to charge the battery until it is fully charged. On contrary the when energy sources are poor, the battery will release energy to assist the PV array and wind turbine to cover the load requirements until the storage is depleted [13]. The hybrid solar wind system model is based on the performance of individual components. so as to predict system performance, each of the power sources must be designed separately and integrated to meet the required reliability. If the power output prediction from these individual sources is accurate enough, the resultant combination will deliver power effectively [14]. A hybrid system could be designed to operate either in isolated mode or in grid-connected mode, through power electronic interface.

Depend the hybrid system that studies on wind and solar energies as the main power resources and it is backed up by the batteries as shown in Figure 4. Used Batteries are because of the stochastic Features of the system inputs. it is used to meet the electricity demand while the solar and wind energies are not adequate. The basic income variables in the hybrid model are wind speed, solar radiation, and temperature [15].



Fig. 4. Block diagram represent the structure of the hybrid system PV/Wind Hybrid System

The solar-wind meteorological station is located on the roof of Table 1: Main characteristics of the Solar-Wind Meteorological Station at the Solar Energy Institute.

Tables 2 to 4 contain specifications, maintenance and installation costs related to various wind turbines, PV panels and batteries, which are included in optimal measurement procedures.

Table 1

Characteristics of the Solar-Wind Meteorological

Module	Parts	Specification/description
Sensor	Wind speed	Accuracy 0.5 m/s
	Wind direction	Precision 0.8 m/s
	Pyronometer	4.7 μ V/W
	Ambient temperature	-40 to 56°C, accuracy < 0.5°C
	Relative humidity	12-100%, accuracy < 3%
Data logger	Signal input	12 channels
	Memory	2 Mbytes
	Computer connector	RS-232
Power	PV module	15.1 V, 10 W _{Peak}
Tripod	Stainless steel	For right setting the sensors

Table 2

Wind Turbine Data

Power Rating (W)	2500
V_r (m/s)	30
V_{ci} (m/s)	15
V_{co} (m/s)	40
Life Time of the WTG (years)	5
Installation Cost (Rs./m ²)	17
Operation and Maintenance Cost (Rs. /yr.)	3.4

Table 3

PV Array Data

V_{oc} (V)	800
I_{sc} (A)	30
Life Time of the PV Panel (years)	5
Installation Cost (Rs./m ²)	5.5
Operation and Maintenance Cost (Rs. /yr.)	0.65

Table 4

Battery Specifications

Nominal Capacity (Ah)	50
Voltage (V)	12
DOD (%)	80
Efficiency (%)	80
Life Time of the PV Panel (years)	5
Installation Cost (Rs./m ²)	13
Operation and Maintenance Cost (Rs. /yr.)	2.6

Figure 5, 6, and 7 explain the resulting photovoltaic energy, wind energy, and total energy produced by the suggested hybrid photovoltaic system, for every month through the year.

Conclusion. In the paper, a network-connected PV& wind hybrid energy generation system is proposed. This system discussed; the features of the primary components in the system, namely, the WECS, PV, battery and FC, are given; and the overall coordinated control strategy for the proposed hybrid energy system is presented. The PV and wind gen-

eration systems are the main power generation devices, and the battery stack acts as a dump load to store any excess power available. The FC unit is the backup generation and supplies power to the system when SOC < 25%. The simulation model of the hybrid system has been developed using the Power Factory. Simulation studies have been carried out to verify system performance.

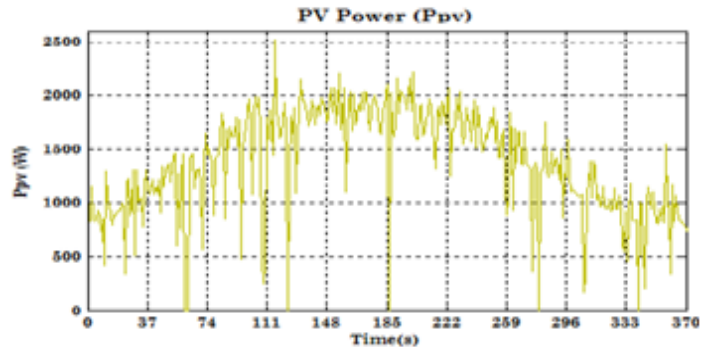


Fig. 5. The PV generation power system

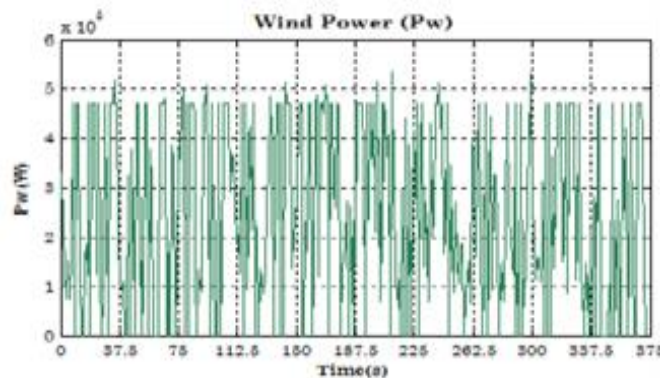


Fig. 6. The wind generation power system.

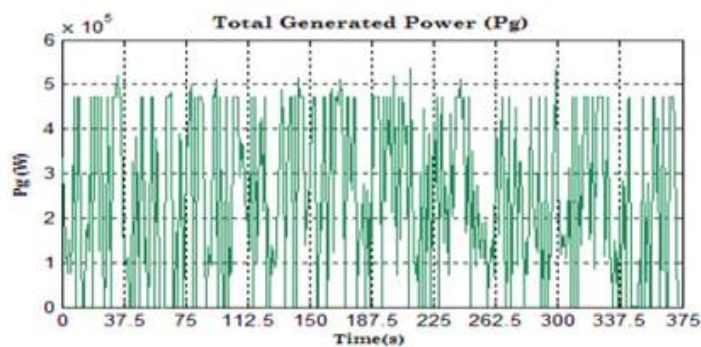


Fig. 7. The total generation power in the system.

References:

1. Joanne Hui, Alireza Bakhshai, and Praveen K. Jain, "A Hybrid Wind-Solar Energy System: A New Rectifier Stage Topology," IEEE Conference, February 2016.
2. Abd Ali, Layth & Абдулсахиб Исса, Хайдер. (2018). Hybrid power generation using solar and wind energy. 7. 19-26.
3. Energy Information and Administration, (01.05.2018), <http://www.eia.oa.gov>
4. Абд, Али Лаит Мохаммед, and Хайдер Абдулсахиб Исса. "Hybrid power generation using solar and wind energy." Молодой ученый 7 (2018): 19-26.
5. Othman M. Hussein Anssari, Layth Mohammed Abd Ali and Haider Ahmed Mohammed, 2019. Geothermal Energy as a Resource of Renewable Energy. Journal of Engineering and Applied Sciences, 14: 3003-3009.

6. Abd Ali, Layth & Anssari, Othman. (2018). Design and Simulation a hybrid generation system through wind turbine and solar energy with a heat engine. № 38 (224) / 2018. 11-24.
7. Абд, Али Лаит Мохаммед, and Хайдер Абдулсахиб Исса. "Разработка элементов Smart Grid для оптимизации режимов районных сетей." Молодой ученый 8 (2014): 117-120.
8. Mohmmmed, Haider Ahmed, Layth Mohammed Abd Ali, and Othman M. Hussein Anssari. "Maintaining Electric Power Quality Using Integrated S-Transform with Xenogeneic Composition Neural Network." International Journal of Engineering & Technology 7.3.20 (2018): 538-543.
9. Abd Ali, Layth & Хайдер Абдулсахиб, Исса. (2014). Использование Ветроэлектростанций В Электроэнергетических Системах.
10. Layth Mohammed Abd Ali, Haider Ahmed Mohmmmed and Othman M. Hussein Anssari, 2019. Modeling and Simulation of Tidal Energy. Journal of Engineering and Applied Sciences, 14: 3698-3706.
11. Abd Ali, Layth & Хайдер Абдулсахиб, Исса. (2016). Разработка элементов Smart Grid для оптимизации режимов районных сетей.
12. Mihnea Rosu-Hamzescu, Sergiu Oprea, "Practical guide to implementing Solar panel MPPT algorithm," Microchip technology Inc, 2015.
13. Абд, Али Лаит Мохаммед, and Хайдер Абдулсахиб Исса. "Using tidal energy as a clean energy source to generate electricity." Молодой ученый 11 (2018): 62-69.
14. Layth Mohammed Abd Ali, Haider Ahmed Mohmmmed and Husam Abdulhusein Wahhab, 2019. A Novel Design of 7-Level Diode Clamped Inverter. Journal of Engineering and Applied Sciences, 14: 3666-3673.
15. Ансари О. М., Мохммед Х. А., Абд Али Л. М. Design and Simulation a hybrid generation system through wind turbine and solar energy with a heat engine // Молодой ученый. – 2018. – №38. – С. 11-24. – URL <https://moluch.ru/archive/224/52783/>.

**КОМБИНИРОВАННЫЕ ФОТО-ВЕТРОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ
УСТАНОВКИ ПОВЫШЕННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ДЛЯ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ УДАЛЕННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ**

Абдали Лаит Мохаммед Абдали¹, Б.А. Якимович², В.В. Кувшинов², Н.В. Морозова²

¹*University of Kufa, г. Говернорат Наджаф, Республика Ирак;*

e-mail: laithm.abood@uokufa.edu.iq

²*ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», Институт
ядерной энергии и промышленности, г. Севастополь, РФ*

Аннотация

Альтернативные источники энергии стали популярным возобновляемым источником электрической энергии, где продукт электроэнергии обычными способами нецелесообразен. Теперь электричество - самое необходимое средство для человека. Все энергетические ресурсы истощаются день ото дня. Следовательно, мы должны перейти от традиционных к нетрадиционным энергетическим ресурсам. В этом состоянии происходит сочетание двух энергетических ресурсов. Эта операция возбуждает устойчивое энергетическое казначейство без вреда для природы. Мы можем дать бесперебойную энергию, используя гибридную систему энергии. Эта система состоит из интеграции двух энергетической системы, которая обеспечит стабильную мощность. Солнечные панели используются для преобразования солнечной энергии, а ветряные турбины используются для преобразования энергии ветра в электричество. В статье рассматриваются случаи выработки электроэнергии с использованием двух источников, что приводит к акушерству электроэнергии по доступным ценам без нарушения естественного баланса.

GEOSTATIC PRESSURE AND ISSUES STRESS-DEFORMATION STATE OF ROCKS

Z.J. Afandiyeva

*Azerbaijan State University of Oil and Industry, Baku, Az1010,
Azerbaijan Republic, e-mail: efendi2005@rambler.ru*

The article deals with geostatic pressure and several issues connected with the tension-strain state of rocks. Proved that, tension-deformation processes occurring in rocks are related to the activity of modern tectonic movements. It has been defined that, modern tectonic movements are of great importance in breakdown of exploitation pipelines and the emergence of accidents in underground facilities.

As a result of the research, we recommend an empirical formula allowing determining the influence of external forces in the overall relationship with the physical-mechanical parameters of rocks and the conditions of their occurrence.

Investigating the physical essence of tension-strain processes ensures more efficient deployment of household, industrial and other facilities in the construction site, and the proper selection of structures, as well as allows to make more accurate decision in any uncertain condition.

Introduction. The tension and deformation processes occurring in rocks are being investigated from engineering geology point of view, their physical and mechanical properties are being studied, and the collected data is most likely to be utilized in designing residential and industrial facilities [1, 2, 3].

In laboratory researches, various experiments have been carried out on the impact of external forces on rocks, this impact has been quantitatively assessed. Naturally, initial physico-mechanical properties of the rocks of minerals (density, pressing, expanding and so on) change over time, and they are subjected to various deformations and tectonic fractures [4, 5, 6]. Being formulated as mountain pressure and geostatic loads, appropriate formulas are proposed taking into account capacity and thickness of the layers. It is important to note that, the impacts of contemporary tectonic movements on rocks are ignored in both cases.

Materials and methods. To clarify our opinion, let's consider more closely the following formula. According to contemporary notions, deformation occurring in rocks are related to the impact of effective tension and it is determined by the following formula:

$$P_e = P_{gs} - P_p \quad (1)$$

Here, P_e is considered to be effective tension, P_{gs} is the pressure of external forces (geostatic) and P_p is fluid or porosity pressure.

At first glance this formula does not raise objections. Its essence is that, effective tension attracts extra part of porosity pressure and can lead to the deformation of rocks. On the other hand, that formula cannot be agreed with.

So, external forces impact of contemporary tectonic movements on the occurrence of effective tension hasn't been taken into account. However, while speaking about geostatic pressure, undoubtedly, the impact of contemporary tectonic movements is also meant.

If the occurrence of tension and deformation in rocks had been explained by external forces, i.e., geostatic pressure, then porosity pressure stability would also have been kept. Is this really the case? Of course, not. In order to clarify our opinion, let's stand on some points.

Observations show that, in oil and gas field's development process, layer pressure either decreases, or stabilizes, and in other cases, on the contrary it may increase [7, 8, and

9]. So, during the development of the field, layer pressure dynamics exists contradictorily. However, according to the researches, it is related to the intensity of contemporary tectonic movements. In the first case, layer energy consumption expended on fluid extraction is regulated by extra energy generated by tectonic movements, in the second case; regulation is reflected, in the third case, natural energy is related to rather extra pressure consumption used for the fluid extraction from the layer. In other words, regulation of layer pressure reaches its extreme limit.

As a result of the researches, it has been determined that, their stability decreases because of long-term impact of external forces on rocks. The calculations show that, due to such kind of impact, the stability of rocks decreases to 10- 30% [10, 11, 12]. Understanding the cost of the service is a great deal of experience, with a great deal of satisfaction. So, the explanation of the increase of tension and occurrence of the deformation in rocks by modern geodynamic processes has been scientifically substantiated and in its turn this can be evaluated as a major criterion.

The existence of static load is possible to be clarified in laboratory conditions without any difficulties [13]. Unsurprisingly, in most cases they do not justify natural conditions. The reason is that, the process being multifactorial and certain probabilities are ignored.

Resultants. Currently, there is an idea in the science that, the rocks are affected more by cyclical stocks of earthquakes. Such kinds of cyclical stocks exist in the form of unequal impulses. [14, 15, 16, 17]. Thus, that opinion considerably limits the activity scope of the tension and deformation formed by the forces impacting on rocks. At the same, cyclical stocks of earthquakes are the properties of contemporary tectonic movements. In other words, it is presented as one type of movement periodicity and is characterized by this.

Note that, both cyclicity and periodicity are evident in ancient geological crossings. Lithophasia collected in both geosyncline and platform oil and gas reservoirs of earth's crust have cyclic structure. However, earthquakes are not observed in platform areas.

Thus, external forces and parameters, impacting on rocks under geostatic pressure (P_{gs}) concept, should be completely taken into consideration. In this regard, undoubtedly, the correction of mathematical formula used in the determination of P_{gs} is necessary.

As a result of the researches, it has been determined that, per 1 mm/year measurement unit of the average annual rate (V_a) of modern tectonic movements corresponds to 0.8 MPa. Replacing one unit of measurement with another one in equivalent makes it easier to solve the problem in mathematical modeling. By replacing the new parameter ($\sin\beta$, P_{mtm}) into determination formula of, equation (1) is changed as follows.

$$P_{gs} = \frac{\sum_{i=1}^n [(1 - P_i)P_{drs} - P_{vd}P_p]gh_i}{\sin \beta} - P_{mtm} = \frac{P_{vd}gz}{\sin \beta} - P_{mtm} \quad (2)$$

Here, P_i is the porosity of the rock, a part of the unit; P_{drs} is the density of rocks skeleton, kg/m^3 ; h_i is the thickness of the layer, m; P_p is the density of liquids in rocks pores, kg/m^3 , g is free falling acceleration, m/s^2 ; P_{vd} is volume density of lying rocks, kg/m^3 , P_{mtm} is the pressure of modern tectonic movements, MPa; $\sin\beta$ - is the inclination angle of the

layer, degree; $Z = \sum_{i=1}^n h_i$ - is laying depth, m.

If geostatic pressure is calculated by the above mentioned equation (2) taking into account the additions, the obtained result ensures the exact solution of the problems in connection with both drilling and exploitation of mineral deposits.

Taking into account clays in well crossings, as well and underground facilities is also necessary. It should be acknowledged that contradictory ideas are put forward between researchers on the occurrence of plastic and fluid properties in clays in different thermody-

dynamic conditions. It should also be noted that, approach trends to the problem of exploitation pipeline breaking due to clays, displacements and so on. are completely different.

Let's look at this issue as a breaking of exploitation pipeline, for example, observations show that, the number of exploitation pipelines, subjected to breaking in the cases where clay layers are relatively dominant in the geological intersection, is considerably few.

As it is known, geological intersection of the productive layer (medium pliocene) contains sands shifting with clays in different ratios in oil fields. It is noticeable that the sand is usually gradually replaced with clays in the depths of the crown traverse the wings. Hence, the breakdown of exploitation pipeline in these areas should be more coincidental. However, this is evident.

The analysis of breakdown cases of exploitation pipelines shows that, their occurrence is mainly found in the upstream areas of the layers and the tectonic breaking zones. At first glance, this lawfulness is explained by the differentiation of modern tectonic movements in ambient conditions [18]. Tension in plastic rocks is relatively rare in other types of rocks. [19, 20]. This type of additional pressure, in turn, is used to increase the fluidity capacity. This property also applies to salt sediments. As the pressure increases, elastic deformation is replaced by plastic deformation.

One more aspect should be taken into account in the background of common issues being considered. It is swelling of clay by the effects of external pressure. This process is accompanied by the transformation of the clay from solid to plastic. As a result of laboratory researches, maximal swelling of clays has been observed in the range of 0.6÷0.8 MPa. Naturally, such small pressure can not affect the displacement of the layers above. Swelling of clays located in depths and increasing its volume at high levels is impossible. If the swelling of the clay occurred in natural conditions, surfaces of the minerals also would be observed. However, it must be admitted that, such circumstances are not common in natural conditions [21, 22].

When analyzing the impact of clays on exploitation pipelines and underground facilities first the amount of hydrophilic minerals must first be determined in their composition. Clays occurring in geological intersections are characterized by different physical and mechanical properties. This aspect is related to the differentiation of geodynamic effects within time and space.

The calculations show that, 475-499 kg/cm² pressure is required for breaking of an exploitation pipeline with 340 mm diameter. This pressure is incomparably higher than the pressure generated by the swelling of the clay.

Conclusion. Thus, the parameter, characterizing the intensity of modern tectonic movements, has been added to the empirical formula. However, it should be taken into consideration that, being subjected to transformation, external forces impacting on the rocks are separated into touchable and normal tensions. Note that, the deformation characteristic of the rocks depends on the type of tension prevailing in the overall process. On the other hand, the slope angle of the layer ($P_{mtm}, \sin\beta$) is added to the formula. Its quantitative increase is conditioned by a more intensive self-identification of touch forces.

It can be concluded that, tension-strain occurring in rocks are primarily due to the activity of modern tectonic movements.

Taking into account geostatic pressure additions, (2) mentioned above can be calculated and the obtained result can be widely used in the solution of a number of production problems, including the problems occurred in the field of geological engineering exploration.

References:

1. Jaeger, J.C. & Cook, N.G. Fundamentals of rock mechanics. London, Chapman and Hall, 1979. - p.515.

2. Kemeny, J.M. & Cook, N.G. Micromechanics of deformation in rocks. Toughness Mechanics in Quasi Brittle Materials. The Netherlands. Kluwer Acad. Publ, 1991.- p.155-188.
3. Mavko, G., Mukerji, T. & Dvorkin, J. The Rock Physics Handbook, Second Edition Published in the United States of America by Cambridge University Press.2009. - p.511.
4. Batugin, S.A. & Batugina, I.M. Change in the stress state of an intact rock massif in space and time. V.b. Stress state of the Earth's crust, Nauka, 1973. -p.148-157.
5. Sashurin, A.D. Geomechanics in mining: fundamental and applied research. Magazine Gorniy. -2012. - № 1. p. 29-35.
6. Turcotte, D. & Schubert, G. Geodynamics. Applications of Continuum Physics to Geological Problems. By John Wiley Sons, 2014.- p. 657.
7. Kuzmin, Y.O. Modern geodynamics and assessment of geodynamic risk in subsoil use, 1999. - p 220.
8. Ismayilov, G.G., Afandiyeva, Z.J. & Muradov, M.M. On the assessment of eco-geodynamic risk in oil and gas and mining facilities. Scholarly notes. Geotechnological problems of oil, gas and chemistry, 2007. - p.272-281.
9. Laptev, B.V. On the geodynamic situation at mining enterprises in Russia. Safety and Industry -2009. - № 9. p. 59-62.
10. Moroz, A.I. Self-stressed state of rocks. Moscow. Publishing house of the Moscow State Mining Univer. 2004.- p. 288.
11. Moroz, A.I. & Repnikov, J.H. Investigation of the tension-deformation state of the contour model of the rock in unloading cycle. Mining information-analytical bulletin. - 2003. - № 50. p. 12-14.
12. Zhukov, V.S. Interrelation of variations of physical properties of rocks and modern geodynamic processes. Abstract, 2006.- p. 40
13. Barisov, A. A. Mechanics of rocks and massifs. Nedra, 1980.- p.360.
14. Geller, R.J. Earthquake prediction: a critical review. Geophysical Journal International. – 1997. -Vol. 131. -№ 3. p.425-450.
15. Bederov, A.A. & Kuzmin, Y.O. Modern anomalous geodynamics non-sustainable factor of ecological and insurance risk. Insurance case. - 1997. -№ 3. p. 28-31.
16. Ben-Zion, Y. Collective behavior of earthquakes and faults: Continuum-discrete transitions, progressive evolutionary changes, and different dynamic regimes, Rev. Geophys. -2008.- Vol. 46, RG4006.
17. Lazarevich, A.N. & Polyakov A.N. Mining geomechanics and land surveying. St. Petersburg, 2009. - p. 40-49.
18. Huseynzade, O.D. & Seyidov, M.M. Geodynamic bases of prospecting and development of oil deposits, 2001. - p.250.
19. Kereny, J.M. & Cook, N.G. Effective moduli, non linear deformation and strength of a cracked. Rock Mechanics and Mining. Geomech. Abstr. - 1986.-Vol 23, p.107 -118.
20. Napier, J.A. & Malan, D.F. Visco plastic discontinuum model of time dependent fracture and seismicity effects in brittle rock. Rock Mechanics and Mining. -1997. -Vol. 34, p.1075 -1089.
21. Huseynzade, O. J. & Afandiyeva, Z. J. Determination of the character of manifestation of modern geodynamic movements of the earth's crust of Azerbaijan. Mining-geological journal. - 2007. - № 4. p. 8-12.
22. Afandiyeva, Z. J. The role of the intensity of geodynamic movements in the formation of the tension-deformation state of rocks. All-Russian Scientific and Technical Conference on Geomechanics in Mining, 2013.-p.190-193.

**ГЕОСТАТИЧЕСКОЕ ДАВЛЕНИЕ И ВОПРОСЫ НАПРЯЖЕННО –
ДЕФОРМАЦИОННЫХ СОСТОЯНИЙ ГОРНЫХ ПОРОД**

З.Дж. Эфендиева

*Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности
Баку, Az 1010. Азербайджанская Республика,
e-mail: efendi2005@rambler.ru*

Аннотация

В статье рассматриваются геостатическое давление и вопросы, связанные с напряженно-деформационными состояниями горных пород. Доказано, что напряженно-деформационные процессы, происходящие в породах, связаны с активностью современных тектонических движений, которые имеют большое значение при разрушении эксплуатационных трубопроводов и возникновении аварий на подземных сооружениях.

В результате исследований рекомендуется эмпирическая формула, позволяющая определить влияние внешних усилий (или условий?) в общей связи с физико-механическими параметрами горных пород и условиями их залегания.

Изучение физической сущности напряженно-деформированных процессов обеспечивает более эффективное развертывание бытовых, промышленных и других объектов на строительной площадке и правильный выбор конструкций, а также позволяет принимать более точные решения в любых неопределенных условиях.

УДК 621.316

SOLAR ENERGY GENERATION IN THE ELECTRIC DISTRIBUTED POWER SUPPLY SYSTEM OF IRAQ

**A.G. Al Bairmani¹, B.A. Yakimovich², V.V. Kuvshinov², E.G. Kakushina²,
N.V. Morozova², B.L. Krit³**

¹*Kufa State University, Department of Electrical Engineering, Najaf, Iraq,
e-mail: eng.albermany@gmail.com*

²*Sevastopol State University, Department of Renewable Energy Sources
and Electric Systems and Networks, Sevastopol, 299015, Russia,
e-mail: yakimovich52@gmail.com; kuvshinov.vladimir@gmail.com*

³*Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow, Russia*

Electric energy constitutes the basis of a high standard of living, a developed economy and national security of any state. Energy problems have also affected the Republic of Iraq.

Republic of Iraq is known as an oil exporting country. The climate of Iraq is characterized by hot and long summer, the number of sunshine hours exceeds 2.5 thousand hours in the north of the country, 3 thousand hours in central regions and almost 3.5 thousand hours in the south.

Currently, there exist 2 of the most popular ways to convert solar energy: photovoltaics and solar thermal power engineering. The photovoltaic system is a unique type of electricity generation, through the exposure of a panel to the sunlight. The principle of generation of electricity is based on the photovoltaic effect, when, when light penetrates the surface of a substance, electrons start to move between the anode and the cathode inside the panel. Normally panels consist of several layers of semiconductor materials. The greater the concentration of light, the greater the generation of electricity. This type of electricity generation is widely used in the autonomous power supply system on the basis of solar batteries [1, p. 61].

As for the latest developments in the field of solar energy, we can distinguish the production of photovoltaic panels based on semiconductor heterostructures. Their production started in 2016. The developers promise that the efficiency of such panels will be twice as high as the existing ones, and the cost will be twice lower in comparison with standard batteries on the market.

During the war in Iraq, the networks of 11 and 0.4 kV which mainly supply electric power to the rural population of the country, were significantly damaged. Generation of electric power based on modern photovoltaic panels and their use within the infrastructure of the remaining 0.4 and 11 kV distribution networks would make it possible to provide the population of the country in rural areas with electricity without substantial upgrading of these networks or building new ones. This approach requires calculated analyses of the established modes of 11 and 0.4 kV networks to compare the efficiency of using solar generation sources based on calculations of established modes in 10 and 0.4 kV networks and assessing the increase in throughput of 0.4 and 11 kV distribution networks after installation of such sources.

Distribution networks in Iraq are characterized by the presence of a large number of radial networks for rural use, with significant lengths of overhead power lines of 11 and 0.4 kV with a large number of lines intended for individual agricultural consumers. The electrical load of consumers is not significant and ranges from minor amounts to dozens of kW.

Upon the end of military actions, there exists an intense demand for electricity caused by the revival of the rural economy of Iraq. The remaining, not destroyed during the war, infrastructure of Iraq's distribution networks is unable to fully meet the increased demand

for electricity due to insufficient throughput. The voltage drop at the end of the 0.4–11 kV lines reaches 15–20%, and the losses often exceed 30% of the transmitted active power [2, p.13].

Under these conditions the following solutions to this problem are possible: 1) construction of new or complete reconstruction of existing distribution networks; 2) enhancement of the existing distribution networks with small sources of distributed generation based on solar generation.

The first option is associated with significant investments into the network infrastructure and taking into account the current economic situation in Iraq it cannot be implemented in the near future.

Let us consider the possibilities of implementing the second option for the development of distribution networks 11 and 0.4 kV in Iraq, on the example of such networks located in the province of Baghdad and assess its competitiveness compared to construction of new ones.

Taking into account the climatic features of the country stated above, solar power stations working on photoelectric transducers (SPS) will be the most preferable because their installation practically does not depend on the location of a particular province of Iraq [2, p.14]. These SPS can make up the main class of distributed generation sources, which are connected to a voltage of 0.4 kV or 11 kV, installed in places of consumption, for example, in individual houses or even in apartments [3, p. 28]. This class of sources of distributed generation, considered in [4], was used for calculated analysis of their influence on the operation modes of 0.4 and 11 kV distribution networks in Iraq in Baghdad province.

Solar power stations installation in a 0.4 kV distribution network. To analyze the influence of distributed generation of solar power stations, a site of a 0.4 kV distribution network in the province of Baghdad was selected. The network diagram is shown in Fig. 1.

Residential area consumers are supplied with power via 2 trunk lines (2-7 and 2-12) from a transformer substation (node 2), in which one TM 160 11 / 0.4 transformer is installed. The passport data of the transformer are as follows: rated power $S = 160$ kVA; voltage (high -11 kV, low-0.4 kV), short circuit loss 2.9 kW, no-load loss 0.35 kW, no-load current 1.1%, short-circuit voltage 4.5%. Both trunk lines are 4-wire, made by self-supporting insulated steel insulated wire 2 with a cross section of 95 mm^2 , linear resistance of the wire: $r_0 = 0.411 \text{ Ohm / km}$, $x_0 = 0.0656 \text{ Ohm / km}$. Distances between the consumers are shown in Fig. 1, and their design capacities are given in Table 1.

Based on the passport data of network elements and consumer loads, a design a computational substitution pattern has been prepared for a computer program for calculating steady-state RS-3 modes [5]. The calculation showed that the steady-state regime is characterized by low voltage levels at consumers, on both lines, starting from their midpoints to the ends. For example, at the ends of the lines at node 7, the voltage is below the nominal - 11.9%, and at node 12 - by 18.4%. Losses of active power in the network elements were equal to 19.5 kW, or 14.5% of the power of all consumers.

Using the PVsyst software package developed by the Group of Energy Institute of Sciences of Environment University of Geneva [6] based on the geographical latitude and longitude of the distribution network, the power of 2 kW for SPS installed at all consumers was selected.

The calculation of the steady state in the distribution network of 0.4 kV, taking into account the installed distributed generation of SPS, has shown that all the parameters of the steady state were significantly improved. Voltages in all nodes of the network increased by 3–5%, and active power losses in the network elements were 14.19 kW, i.e. decreased by 18.8% against the basic parameters. Consequently, the capacity of the lines also increased by at least this amount, which allows to judge about the effectiveness of the use of SPS in the 0.4 kV network.

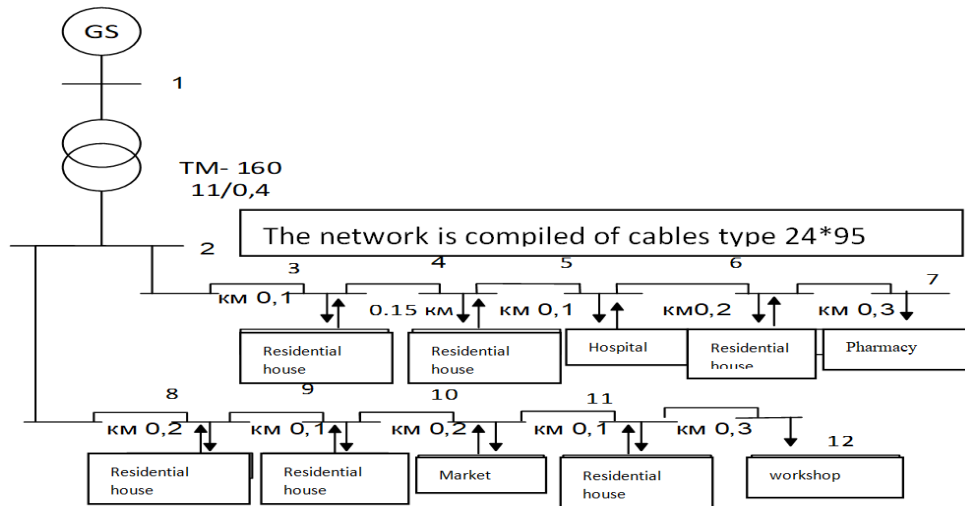


Fig. 1. Scheme of a 0.4 kV distribution

Table 1

Design capacitance of consumers

Consumer	Number of the diagram	P, kW	Q, kvar
Residential house	8	8	2,8
Residential house	9	8	2,8
Hospital	10	35,2	19
Residential house	11	8	2,8
Pharmacy	12	8	2,8
Residential house	13	8	2,8
Residential house	14	8	2,8
Market	15	15	7,3
Residential house	16	8	2,8
workshop	17	28	13,9

Solar power stations Installation in a 11 kV distribution network. To analyze the impact of distributed SPS generation, a section of an 11 kV distribution network in the same Baghdad province has been selected. The network diagram is shown in Fig. 2.

Consumers of the urban area are supplied with power via two main overhead lines from the 33/11 kV district substation (node 1), on which one TM 1600 33/11 transformer is installed. Transformer passport data are as follows: rated power $S = 1600$ kVA; nominal voltage (high 33 kV, low 11 kV), short circuit loss 18.5 kW, short circuit voltage 6.5%, no-load loss 2.75 kW, no-load current 1.73%. Both trunk lines with 3 wires are made by self-supporting steel insulated wire 3 with a cross section of 35 mm^2 , linear resistance of the wire: $r_0 = 0.98 \text{ Ohm/km}$, $x_0 = 0.32 \text{ Ohm/km}$. The distances between consumers are shown in Fig. 2, and the estimated consumer power figures are given in Table 2.

Based on the passport data of network elements and consumers' loads, a computational substitution pattern was compiled as well calculation of the initial steady state network of 11 kV. In the initial mode consumers have relatively low voltage levels, especially in the nodes 5, 6 and 8 at the ends of both trunk transmission lines. Losses of active power in the network elements were equal to 55.84 kW or 3.45% of the active power of consumers.

In the 11 kV network SPS installation is not economically feasible for all consumers, since they must have significantly more power in order to have a noticeable effect on the network operation modes [7, p.73]. Let us limit ourselves to installing 3 SPS with active power of 40 kW in the nodes with the lowest voltage levels (5, 6 and 8).

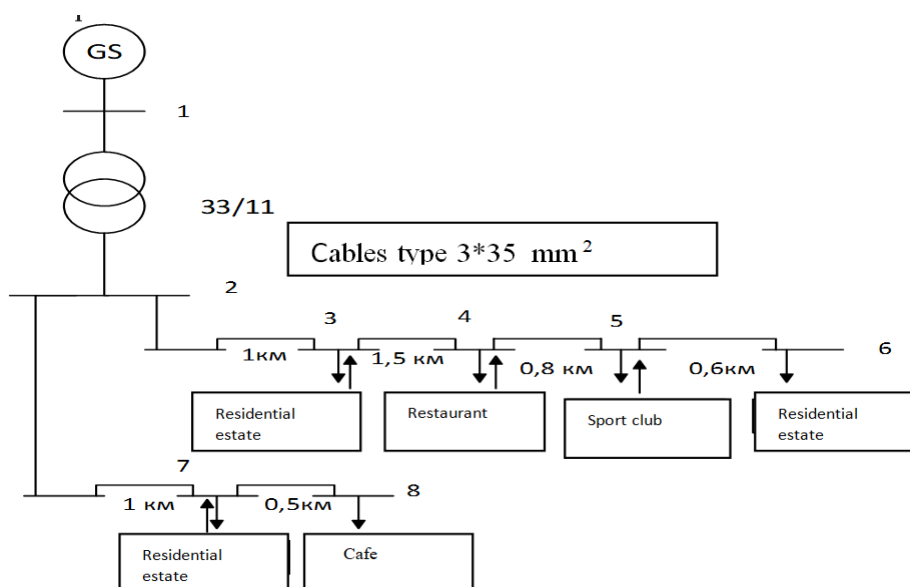


Fig. 2. 11 kV Distribution network diagram

Table 2

Design capacitance of consumers

Consumer	Number of the diagram	P, kW	Q, kvar
Residential estate	3	437,4	250
Restaurant	4	486	270
Sports club	5	81	39
Residential estate	6	129,6	63
Residential estate	7	259,2	126
Café and shops	8	226,8	109,8

The calculation results show that the use of distributed SPS has not significantly increased the voltage at network nodes, they have changed only by tenths of a percent. This indicates that in the 11 kV network, other means should be used to regulate the voltage levels, for example, batteries of static capacitors or transformers with adjustable transformation ratios. However, the installation of distributed SPS significantly affected the active power losses in the network elements, which in this steady state mode, after SPS installation amounted to 50.98 kW against 55.84 kW in the initial mode, i.e. decreased by 8.7%.

As a result the computational studies have shown that for distribution networks in Iraq it is most advisable to install SPSs in 0.4 kV networks. In 11 kV networks, the use of SPS is associated with their significant enlargement and increase in investment, although the increase in the capacity of these networks after SPS installation does not practically occur.

Reference:

1. Bubenchikov A.A., Nurakhmet E.E., Molodykh V.O., Rudenok A.I. Solar energy as a source of electrical energy. International Research Journal. 2016, No. 5 (47), 59–62
2. Al Zuhairi Ali Mohammed, A.A. Vinogradov Types and uses (FACTS) to increase the capacity of power lines of the electrical system. Published in the collection of papers “From the GOELRO plan to the energy of the future” - Publishing House of the Moscow State Open University named after V.S.Chernomyrdin, December 19, 2012 p. 12-15.
3. Lykin A.V. Energy saving and increase of energy efficiency in electrical networks. Novosibirsk: Novosibirsk State Technical University, 2013, 115 p.
4. كل ما يخص الكهرباء للعرب . URL: <http://كهرباءالعرب.com>. [Electronic recourse], application date 15.04.19.

5. The program of the steady state in (RS-3) electrical system, is registered in the state register of registration of computer programs in Russia, certificate № 2013613725. Authors: A.A. Vinogradov, G.S. Seredin. 2013
6. PVSyst presents results in the form of a full report, specific graphs and tables, and data can be exported for use in other software. URL: <https://www.pvsyst.com> [Electronic resource], application date 12.03.15.
7. Krainov A.V. Energy Supply Systems of Mining Industry: textbook/ Krainov A.V., Pashkov E.N. — Tomsk: Tomsk polytechnic university, 2014. — 167 p.

ПРИМЕНЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СОЛНЕЧНОЙ ГЕНЕРАЦИИ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ИРАКА

**А.Г. Аль Баирмани¹; Б.А. Якимович²; В.В. Кувшинов²; Е. Г. Какушина²;
Н.В. Морозова²; Б.Л. Крит³**

¹*Куфа государственный университет, г. Эн-Наджаф, Ирак,
e-mail: eng.alberman@gmail.com;*

²*ФГБОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,
г. Севастополь, 299015, Россия,
e-mail: yakimovich52@gmail.com, kuvshinov.vladimir@gmail.com*

³*Московский авиационный институт (национальный исследовательский
университет), Россия, 125993, Москва*

Аннотация

В работе на основе расчетных исследований выполнена оценка эффективности использования распределенных солнечных электростанций для увеличения мощности и обеспечения требуемого качества напряжения в сетях 0,4 - 11 кВ Ирака. Показано, что, исходя из географической и климатической обстановки в Ираке, использование таких электростанций, особенно в отдаленных районах республики, может значительно расширить отпуск электроэнергии населению. Наибольшая эффективность таких электростанций достигается в распределительных сетях 0,4 кВ.

УДК 621.577

HEAT PUMP PLANT IN NEW BLOCK-MODULAR VERSION FOR RECOVERY OF LOW-GRADE EMISSIONS OF HEAT AT «KSP STEEL» LLP

A.Sh. Alimgazin¹, S.G. Alimgazina², K.M. Dyussenov¹

¹*Eurasian National University named after L.N.Gumilyov, Astana, Kazakhstan,
e-mail: alimgazin_altai@mail.ru, kdyussenov@yandex.ru*

²*«BMHP» LLP, Astana, Kazakhstan», e-mail: s.baktiyarova@mail.ru*

This document reviews the question of application of energy-saving heat pump technologies using non-traditional and renewable energy sources (NRES) to improve the effectiveness of industrial enterprise equipment, heat supply systems in public sector and in agroindustrial complex of Republic of Kazakhstan.

The heat pump technology to transform low-grade heat of secondary low-temperature energy resources into high-grade heat energy which is ready for practical use is not *another upgrade of traditional energy resources but implementation of a new, advanced, high-efficient and ecologically-clean method of heat obtainment.*

As a result of implementation of a block-modular heat plant (BMHP) at metallurgic and other industrial enterprises (power industry, oil and chemical industry, machine building industry etc.) as well as in agroindustrial complex, housing and public utilities, and state-funded organizations of Republic of Kazakhstan it is expected to get a substantial economical and ecological effect, first of all, due to replacement of traditional heat sources (boilers on hard and liquid fuel, electric boilers), decrease of greenhouse gases emissions into the atmosphere, and improvement of ecological situation.

Application of HP (heat pump) will allow to get 2-4 times saving of budget funds allotted annually for heat supply (procurement of various types of fuel, repair of current boiler equipment, ecological payments etc.) in comparison with the existing traditional boilers.

One of perspective ways of use of new generation HPs adapted to severe climatic conditions of Republic of Kazakhstan is recovery of low-temperature heat waste of industrial technological processes (enterprise waste water, water from circulating and once-through water-supply systems etc.) to reduce emission of hazardous substances into the atmosphere and get high-grade heat at the the same time [1-13].

Beginning from 2000, scientists from Kazakhstan and Russia (MEI, Moscow, «Energiya» CJSC, Novosibirsk) have been carrying out joint works developing methods and technologies for application of HPs using waste heat of technical water-supply systems (TWSS) of industrial enterprises (metallurgic complexes, CHPPs, oil processing plants etc.) to improve heat-power equipment efficiency of the aforesaid enterprises [9-14].

The important precondition of application of new generation HPs is quite large volumes of heat discharged with circulating water into cooling towers, cooling ponds, and rivers (Irtysh etc.) [3-15].

Potential consumers' market research was carried out during 2005-2016. Over the recent years at ENU named after L.N. Gumilyov several researches have been fulfilled related to perspective use of heat pumps (HPs) using waste heat of circulating and once-through water-supply system cycles of some industrial enterprises.

In 2016-2020 (according to preliminary agreements and enterprise requests) some existing industrial enterprises as «TETS-2» JSC in Astana, «Ekibastuzskaya GRES-2» LLP, Petropavlovskaya CHPP-2, AO «SevKazEnergo» JSC, «AES Ust-Kamenogorskaya TETS» LLP, «AES Sogrinskaya TETS» LLP, «Alyuminiy Kazakhstana» JSC, ArselorMittalTemirtau» JSC, «Pavlodarskiy neftekhimicheskiy zavod» LLP, PF «KSP Steel» LLP (Pavlodar) are recommended to use HPs for waste heat recovery of enterprise

TWSS in order to provide substantial reduction of greenhouse emissions into the atmosphere and get high-grade heat; there are the appropriate minutes of meetings and memoranda of co-operation.

Together with Russian scientists («Energiya» CJSC, Novosibirsk) based on grants of Ministry of Education and Science of Republic of Kazakhstan (2012 – 2015) some research works have been completed [9,14,21,25] according to which a multistage use technology was developed for the new generation HPs which work with more effective thermodynamic Lorenz cycle compared with reverse Carnot cycle and which provide coolant delivery into the heat system with temperature up to 85⁰C (but not 55-62⁰C as in other types of HPs produced worldwide).[6-9].

This unique technology was patented in Russia as well as in Republic of Kazakhstan and is ready for practical implementation.

In 2016-2017 the said technology having gone through a multilevel selection at Ministry of Energy, Ministry of Education and Science of Republic of Kazakhstan, among the 15 best scientific projects of national scientists, was represented at «Sfera» National pavilion (Kazakhstan) during EXPO-2017 International exhibition.

The project goal is commercialization of a new BMHP pilot sample with heat capacity of 400 kW for recovery of low-temperature heat waste from technological processes of industrial enterprises (enterprise waste water, water from technical water-supply system (TWSS) etc.) to reduce emissions of hazardous substances into the atmosphere and get high-grade heat at certain metallurgic enterprise (as «KSP Steel» LLP). BMHPs of different capacities will be introduced at various enterprises of ferrous and non-ferrous metallurgy, power industry, oil and chemical industry etc. with existing TWSSs (cooling towers, cooling ponds, water reservoirs.).

The project tasks are:

1. Completion of set of works (assembling, installation and start-up) for manufacturing an industrial pilot BMHP sample with capacity of 400 kW and testing on test stands of current metallurgical enterprise, i.e. PF «KSPSteel» LLP.

2. Development of BMHP application scheme as a standard element of water-supply system of pipe rolling plant (PRP) of «KSPSteel» LLP.

3. Performance of pilot test series for a new equipment to determine optimal operation regimes of the new-generation heat pump technology when implementing the BMHP pilot sample into the heat circuit at PRP of «KSPSteel» LLP.

4. Analysis of power, ecological and economical effect of application of BMHP for recovery of waste heat of technical water-supply system (TWSS) at PRP and obtainment of heat for heating and hot water supply to the enterprise.

5. Commercialization of the pilot sample of the new equipment (BMHP) at «KSP Steel» LLP.

The BMHP being a separate stage of multistage heat pump is a metallic warmed conveyor with supported frame of the container; protective structures are made as three-layered panels consisting of profile sheets with mineral-wool boards as insulants.

All the necessary main and ancillary equipment and instrumentation will be installed inside the BMHP with only 4 outside pipelines for input of low-grade heat carrier medium (waste water from circulation water supply system) and output of hot water with temperature of 75-80⁰C into heat supply system of enterprise.

It is planned to deliver block-modular heat pumps of various heat capacities to customers: from 200 kW to 2000 kW.

The proposed container-type BMHP is designed as standard element of enterprise heat circuit which is ready for practical implementation at any enterprise and is planned to be used at industrial enterprises and state-funded organizations as well, housing and public utilities, where various NRES are available;

Application of the final product, i.e. BMHP of minor and middle capacities, is based on use of a new generation HP, the unique multiple stage technology developed in cooperation with Russian specialists («Energiya» CJSC, Novosibirsk) in 2007 – 2015 and which is ready for practical implementation.

This patented technology (developed by Petin Yu.M., Alimagazin A.Sh. and others) [8] which works on more effective thermodynamic Lorenz cycle compared with reverse Carnot cycle provides the feed of a heat carrier medium into the heat supply system with temperature up to 850C (not 55-62C as in other types of HPs produced worldwide).

The heat pump technology to transform low-grade heat of secondary low-temperature energy resources into high-grade heat energy for practical use is not another upgrade of traditional energy resources but implementation of a new, advanced, high-efficient and ecologically-clean method of heat obtainment.

As a result of implementation of a BMHP at metallurgic and other industrial enterprises (power industry, oil and chemical industry, machine building industry etc.) as well as in agroindustrial complex, housing and public utilities, and public sector of Republic of Kazakhstan it is expected to get a substantial economical and ecological effect, first of all, due to replacement of traditional heat sources (boilers on hard and liquid fuel, electric boilers), decrease of greenhouse gases emissions into the atmosphere, and improvement of ecological situation.

It is planned to make license agreements with enterprises on assignment of intellectual property rights.

Moreover, all the waste heat to be recovered can be directed into enterprise heat circuit for heating the production, administration and amenity buildings which in total will remarkably save heat and electric power purchased from CHPPs.

It should be noted that cost of production of own heat obtained from heat pump will be 2-4 times lower than that of purchased heat, so it means that with the start-up of heat pump station there is a real opportunity to cover the current need in heat power with substantially lower costs.

For example, with introduction of energy-saving heat pump technologies using alternative heat sources the more intense cooling of circulating water at «KSPSteel» LLP is obtained and enterprise costs for procurement of heat and electric power from CHPP-3 (Pavlodar) are reduced.

At the moment, the existing power supply of PF «KSPSteel» LLP is based on purchased heat and electric energy from CHPP -3 (Pavlodar) (vapor, hot water); the enterprise spends great funds annually for purchase of heat power (about 46 Gcal/hour) and electric power (about 3 bln. tenge (data of March, 2015)).

Moreover, the current fan cooling towers of circulation water supply system (CWSS) of the enterprise emit large volumes of heat energy into the atmosphere (according to our calculations, about 280-600 Gcal/hour) with the substantial costs of enterprise spent for purchase of electric power to operate the towers.

However, physical heat of water circulation systems emitted into the atmosphere through the towers is lost irreversibly which is economically inadvisable.

Besides, getting substantial volumes of own heat with the help BMHP with temperatures up to 60-85⁰C will give a chance of saving large volumes of electric power purchased at the present time from CHPP-3 (Pavlodar) to provide continuous operation of the tower fans.

The following table shows results of aggregated estimation of economical effect due to BMHP implementation for hot water supply at «KSP Steel» LLP pipe rolling plant.

Thus, project cost-effectiveness when introducing BMHP at industrial enterprises is obtained by:

1. Remarkable economical effect that is difference between cost of the heat energy purchased from CHPP and the heat produced with the help of heat pumps (2-4 times).

2. Substantial reduction of operational costs of enterprises that use circulating and once-through water-supply system.

3. Reduction of enterprise greenhouse emissions and as a result decrease of ecological payments.

Main advantage of scientific and technological practices proposed in comparison with competitors:

- the product, i.e. heat pump (HP) in block-modular version with the range of capacities from 200 kW up to 2 MW which virtually cannot be provided by foreign and GUS suppliers including Kazakhstan;

- the unique patented technology and multistage implementation of BMHP which is ready to practical use at industrial enterprises that use alternative energy sources in different regions of the country;

- adaptedness of proposed technology to severe climatic conditions of Republic of Kazakhstan (up to -40C)

- less market price of our product in comparison with the similar products;

- market price of one product unit and (or) service of the given competitor can be evaluated the following way.

- availability of intellectual property.

Thus, we can make the following conclusions.

1. Heat pump technology to transform low-grade natural heat of secondary low-temperature energy resources into high-grade heat energy for practical use is not another upgrade of traditional energy resources but implementation of a new, advanced, high-efficient and ecologically-clean method of heat obtainment.

2. Use of technology and new generation HPs adapted to work at cold climatic conditions of Kazakhstan (up to -45°C) with water heat from turbine condenser as low-grade source and perspective use at 37 CHPPs available which will allow to improve efficiency of heat-power equipment thereof, save budget funds, boost heat generating capacities while not increasing consumption of primary fuel (coal, residual fuel oil), reduce greenhouse emissions into the atmosphere, and improve ecological situation.

3. It is the first time when in Republic of Kazakhstan, at real industrial enterprise, i.e. «KSP Steel» LLP (Pavlodar) it is recommended to use the new generation HPs for recovering waste heat of station towers.

References:

1. Ray D., McMichael D. Heat pumps/transl. from Eng.- M.: Energoizdat. - 1982. - 224 p.
2. Burdukov A.P., Petin Yu.M. Heat pumps for Russia: technology of use of geothermal and waste heat by industrial enterprises // Equipment. Developments. Technologies. - 2007. - № 7(07). - P.27-32.
3. Devyanin D.N., Pisshikov S.I., Sokolov Yu.N. Development and test of a laboratory stand for approbation of heat pump plants for power industry at CHPP-28 «Mosenergo» OJSC // News of heat supply. - 2000. - №1. – P.86-93.
4. Sevidov G.P., Morozov I.V., Alimgazin A.Sh. Application of heat pump plant at «Kaztsink» JSC industrial enterprise // In bk.: Materials of International scientific and technical conference «Power industry, ecology, electric supply». - Ust-Kamenogorsk: BKG TU.-2005.- P.217-219
5. Alimgazin A.Sh., Alimgazina (Bakhtiyatova) S.G. Development of technologies and implementation of heat pump systems for heating residential, public and productions buildings in Republic of Kazakhstan using non-traditional and renewable energy sources.- Astana: Publisher “Art-print”.- 2010. - 171 P.
6. Alimgazin .Sh., Alimgazina S. G. Heat pump technologies for heat supply to various enterprises. Experience of Republic of Kazakhstan. - AVOK.- Electric supply.-2013.- №8.-P.68-73

7. Patent of Russian Federation for invention №2454608. Ways of hot water supply and ways of heating thereby. - St. register of inventions of Russian Federation./ Petin Yu.M., Shamanayev S.N., Oparin Ye.V., Golodnikov B.S.; registered on 27.06.2012.
8. Patent PK №1843 for utility model «Heat pump plant for heating and hot water supply» – developed by Alimgazin A.Sh., Petin Yu.M., Alimgazina S.G., Bakhtiyarov A.Ye. // Bulletin of inventions №16 of 30.11.2016, registr. number 2015/278.2 of August 27, 2015 at RGKP «National institute of intellectual property» Ministry of Justice of Republic of Kazakhstan
9. Alimgazin A.Sh, Alimgazina S.G. The use of heat pump technology with the use of alternative and renewable sources of energy to increase the efficiency of heat supply various facilities in the Republic of Kazakhstan // International Forum Renewable Energy - REENFOR–2013. Towards Raising Energy and Economic Efficiencies (Moscow, 22–23 October 2013.-P.38-42).
10. Alimgazin A.Sh., Petin Y.M., Alimgazina S.G., Application of new generation heat pump technologies using alternative energy sources to generate additional heat energy at the heat power plants in the republic of Kazakhstan // Second International Forum Renewable Energy - REENFOR–2014. Towards Raising Energy and Economic Efficiencies. - Moscow, 10 - 11 November 2014.-P.27-32).
11. Alimgazin A.Sh., Alimgazina S.G. Perspectives and problems of implementation of energy-saving heat pump technologies in Republic of Kazakhstan.// In collection of works entitled The second industrial conference on heat pumps "Heat pumps: promotion, stimulation, personnel», Russian Union of Industrialists and Entrepreneurs and PHC magazine (May, 2015, Moscow), P.135-141.
12. Alimgazin A.Sh., Alimgazina S.G., Petin Y.M. Application of new generation heat pump technologies using alternative energy sources to generate additional heat energy at the heat power plants-2 (Astana city).// «IX Minsk International Seminar Heat Pipes, Heat Pumps, Refrigerators, Power Sources», Minsk, Belarus, 07-10 September 2015, S.230-235.
13. Alimgazin A.Sh., Alimgazina S.G. Application of heat pump technologies using alternative and renewable sources of energy for heating and cooling objects EXPO-2017 //Proc.: Proceedings of the 3 International Forum "Renewable energy: ways to increase the energy and economic efficiency» (REENFOR-2015), Yalta, 17 - 19 November, 2015.
14. Alimgazina S.G., Zhalmagambetov B.N. Analysis of prospects of technology heat pump to produce extra heat energy for JSC "TPP-2" Astana // Proc.: Proceedings of the 3 International Forum "Renewable energy: ways to increase the energy and economic efficiency» (REENFOR-2015). – Yalta, 17 - 19 November. - 2015. Стр.25-27.
15. Alimgazin A.Sh., Alimgazina S.G., Bakhtiyarov A.E. Analysis of perspectives of using heat pump technologies at metallurgical enterprises of Republic of Kazakhstan. // In collection of works entitled «VIII-th International research and practical conference «Energy-efficient and resource-saving technologies in industry. 100-th anniversary of domestic designing metallurgical furnaces», MISiS, Moscow, October 11-12, 2016, P.238-250

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ В НОВОЙ
БЛОЧНО-МОДУЛЬНОЙ КОМПАНОВКЕ ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ
НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ВЫБРОСОВ ТЕПЛА НА ТОО «KSP STEEL»**

А.Ш. Алимгазин¹, С.Г.Алимгазина², К.М. Дюсенов³

¹*Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Республика Казахстан,
г. Нур-Султан (Астана), e-mail: alimgazin_altai@mail.ru, kdyussenov@yandex.ru*

²*ТОО «БМТУ», Республика Казахстан, г. Нур-Султан (Астана),
e-mail: s.baktiyarova@mail.ru*

Аннотация

В статье рассмотрены вопросы применения энергосберегающих теплонасосных технологий с использованием нетрадиционных и возобновляемых источников энергии (НВИЭ) для повышения эффективности оборудования промышленных предприятий, систем теплоснабжения в государственном секторе и в агропромышленном комплексе Республики Казахстан. В результате внедрения блочно-модульных тепловых насосов (БМТУ) на металлургических и других промышленных предприятиях (электроэнергетика, нефтехимическая промышленность, машиностроение и т. д.), а также в агропромышленном комплексе, ЖКХ и объектах бюджетной сферы Республики Казахстан ожидается существенный экономический и экологический эффект, в первую очередь, за счет замены традиционных источников тепла (котлы на твердом и жидком топливе, электрические котлы), снижения выбросов парниковых газов в атмосферу. и улучшение экологической ситуации. Применение тепловых насосов позволит в 2-4 раза сэкономить ежегодно выделяемые бюджетные средства на теплоснабжение (закупка различного вида топлива, ремонт действующего котельного оборудования, экологические платежи и т.д.) по сравнению с существующими традиционными котлами.

¹³¹I ACTIVITY AND DOSE IN CATTLE'S THYROID IN RADIOLOGICAL EXPERIMENT

E.N. Denisova, A.S. Snegiryov, G.V. Kozmin, Yu.A. Kurachenko

Russian Institute of Radiology and Agroecology, Obninsk, Russia,

e-mail: ellaizaden@mail.ru

Radiation accidents at nuclear facilities (nuclear power plants, nuclear chemical plants, research reactors) are usually accompanied by releases of volatile and biologically hazardous iodine radionuclides into the environment, which can lead to contamination of large areas and cause irradiation of the thyroid gland (TG) in the population and mammals.

Due to the large biological diversity of living organisms, it is impossible to estimate doses for each type of biota, so it is customary to assess a small set of representative organisms – “reference animals and plants” ([1], p. 134). These organisms are considered as biological objects with certain basic ecological and biological characteristics. The basis for the selection of farm animals as reference species is the availability of data of constant veterinary control of animal health indicators and characteristics of their changes due to radiation exposure [2].

To date, the main radiation syndromes have been studied, the manifestations of which in animals can be expected in various scenarios of contamination. The regularities of radiation pathology of the TG due the reception of radioactive iodine isotopes were studied; the data on the health state of animals in the areas affected by radiation accidents have been received. At the same time, the computational base and modern software for quantitative analysis of the dynamics of radiobiological effects are not sufficiently developed.

The aim of the present study is to assess the critical radiation exposure leading to radiation destruction of the thyroid tissue of cattle, based on a) the compartmental model of ¹³¹I metabolism and b) precise models of the TG morphology & composition and radiation transport in it.

Material and research methods. Study of the ¹³¹I consumption was provided by the compartmental analysis [3]. The accepted model of iodine metabolism in cows is shown in Fig. 1. The results of studies [4, 5] were also taken into account in the construction of a mathematical compartmental model. To estimate the ¹³¹I activity in TG, the described compartmental model of ¹³¹I metabolism of in cattle was used [6].

The dynamics of the iodine activity, received peroral, in an arbitrary compartment q_i ($i = 1...n$) under the assumption of identical chemical form of ¹³¹I in all the compartments during the whole observation time is formulated as follows:

$$\frac{dq_i}{dt} = -\lambda q_i + \sum_j k_{ji} q_j - \sum_j k_{ij} q_i + f(t) \cdot \theta_i, \quad (1)$$

here q_i – the ¹³¹I activity in the i^{th} compartment, MBq;

λ – the ¹³¹I radioactive decay constant, days⁻¹;

k_{ij} (k_{ji}) – the rate constants of the ¹³¹I transport for compartmental model, days⁻¹;

$$\theta_i = \begin{cases} 1, & i = 1 \\ 0, & i > 0 \end{cases}$$

$f(t)$ – rate function of the ¹³¹I receipt from the external environment to barrier (gastro-intestinal tract).

At single oral consumption of the forage containing ¹³¹I, his receipt in barrier body sets by a starting condition: $q_1(t = 0) = q_0$.

Experimental data [6] were obtained on 3 clinically healthy cows aged 4–5 yrs, weighing 380–520 kg and with milk yield 6.5–9.5 l per day. The diet of the cows consisted of

various feeds (coarse, juicy and concentrated) and in the overall nutritional value and digestible protein corresponded to the zootechnical standards. Each cow received orally 185 MBq of the ^{131}I activity mixed with grass. To do this, 21 kg of freshly cut grass was divided into three equal parts, surface polluted with an aqueous solution of Na^{131}I (pH 7.2) with a sprinkler and then fed to the animals for 30 to 40 minutes. After the ^{131}I intake in 2 and 6 hours, on the first day, 11–14 hours in the next 6 days, and then 24–25 hours for 8 days at the same time cows were taken samples of blood, milk, urine and feces for radiometric analysis. Synchronously, the content of ^{131}I in the thyroid gland was determined in vivo.

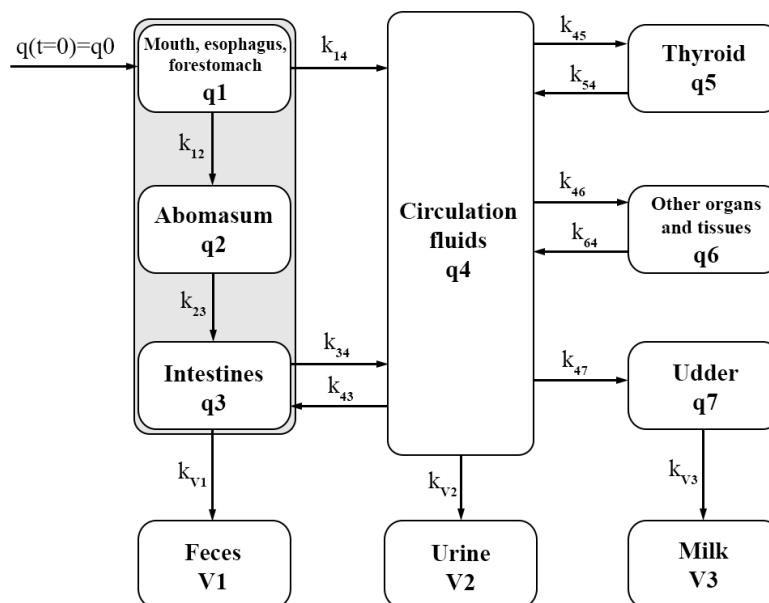


Fig. 1. The ^{131}I metabolism in a cow's body (compartmental model)

To measure the samples activity, the authors of the experimental study [6] used a single-channel scintillation gamma spectrometer with a $\text{NaI}(\text{Tl})$ crystal of $80 \times 70 \text{ mm}^2$ size. The error of measurement was 10–15%. Intravital estimation of the ^{131}I content in the TG was performed by scintillation detector with $\text{NaI}(\text{Tl})$ crystal of $40 \times 40 \text{ mm}^2$ size. The measurement error was $\pm 40\%$.

In the present work, the values of the ^{131}I metabolism parameters in cows were obtained from the correlation of the calculated data with empirical ones, corresponding to the achievement of the determination coefficients' maximum in all the compartments simultaneously, at the variation of the transport parameters and, accordingly, the dynamics of the ^{131}I content.

The calculations were performed using solutions the system of differential equations by the techniques of multifunctional interactive computer system PTC Mathcad Prime 4.0. The obtained in [7] dynamics of ^{131}I content in the TG of cows was used to calculate absorbed doses in this organ.

Developed compartmental model of Iodine metabolism was adapted for the analysis of other experimental data [8] obtained on calves. This experiment was chosen as a «benchmark» because of the completeness and accuracy description the experimental conditions and correct dosimetric data. Estimation of a range for rate constants k_{ij} for calves was carried out with use the parameters received in an experiment on dairy cows [6] without the Udder compartment (fig. 1) and also with the maximal parameters of metabolism more peculiar to a young animal, according to [7]. For estimation the ^{131}I destructive effect on the TG of farm animals at radiation accidents the experimental data for cattle's young growth [8] have been used. The calves of 3-month age with weight $\sim 60 \text{ kg}$ took in ^{131}I with two liters of milk daily during 6 days: at the first day 185 MBq, the activity of the next portions decreased in accordance with a radionuclide half-life period. On the 11th day of observa-

tions there was a sharp decrease in the dose rate of γ -radiation in the thyroid region [8], possibly due to radiation destruction the TG parenchymal tissue and the ^{131}I injection into the blood stream. Also, the possibility of radiation-chemical decomposition of thyroxins in the thyroid tissue is not excluded.

Calculation of the ^{131}I radiation field characteristics was carried out by means of the MCNP5 [9] code. The TG morphology, tissue density, weight and the characteristic sizes are taken from [10–12].

The cattle thyroid gland is modeled by a two-dimensional axisymmetric body composed of nine segments, which are obtained by axial and radial cylindrical sections (Fig. 2). These segments are symmetrically located on the trachea and have different outer diameter and height. The symmetric segments are joined in pairs to form four radiant bodies. The fifth source simulates the isthmus.

Dimensions of cow's TG were taken from [11]: for cow with weight ~500 kg averaged values are 20.0 cm³ and 20.6 g. For calves of 3-month age with weight 60 kg appearing in the experiment [8] averaged TG volume and weight are 11.6 cm³ and 12.0 g correspondingly [10]. The TG tissue with density ~ 1.03 g/cm³ besides four main elements include the next ones: Na, P, S, Cl, K and I [13]. Iodine activity is distributed uniformly in the TG volume.

Table 1

The TG composition

Elemental composition (% by mass)										
H	C	N	O	Na	P	S	Cl	K	I	Total
10.4	11.9	2.4	74.5	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	100

No.	Thyroid size			
	External radius, cm		Height, cm	
	Cow	Calf	Cow	Calf
1	3.15	2.15	1.50	1.50
2	3.40	2.30	2.00	2.00
3	3.55	2.40	2.20	2.20
4	3.20	2.15	1.50	1.50
5	2.70	1.65	1.00	0.50

R = 2.4cm (cow), R = 1.4cm (calf)

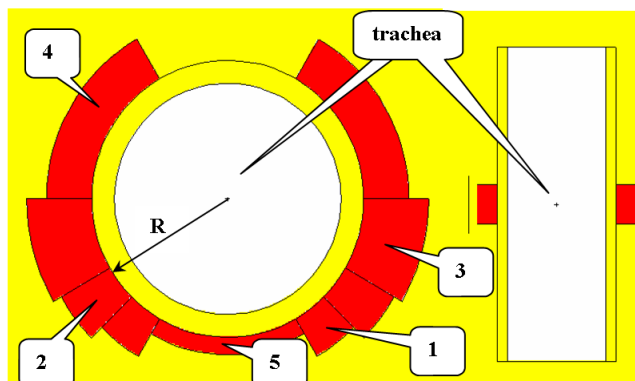


Fig. 2. Radial (left) and axial section of the TG computational model (not to scale; received by visualization of the MCNP5 code input). The table contains dimensions of TG cylindrical layers

Results and discussion. The compartmental model's biokinetic parameters of the ^{131}I metabolism in the cows' body (fig. 1), obtained using experimental data [6] are presented in table 2. These parameters allowed describing the dynamics of changes in the ^{131}I content in the thyroid gland and in the cow milk.

It should be noted that the dynamics of changes in the ^{131}I content in the main dose-forming food product – milk may be used to estimate the population doses associated with TG irradiation, for example, using mathematical models [14].

Special attention was paid to estimation of absorbed doses critical values causing irreversible dysfunction of the cattle TG, observed in experimental studies [9, 15 and 16]

Using the MCNP5 code, an averaged (over nine segments) dose in the model TG with uniform volume distribution of the ^{131}I activity designed to calculate the radiation transport by Monte Carlo technique, was obtained. Time-varying ^{131}I content in the gland is determined using the compartmental model realized with a multifunctional interactive computing system PTC Mathcad.

Biokinetic parameters of the ^{131}I transport in cows' body, d^{-1}

k_{12}	k_{14}	k_{23}	k_{34}	k_{43}	k_{45}	k_{54}
1	0.5	24	4	0.1	0.9	0.4
k_{46}	k_{64}	k_{47}	k_{v1}	k_{v2}	k_{v3}	–
1	0.1	0.5	2.5	1.5	2	–

To calculate total dose in TG, the problems with beta- and gamma-source in each of the five bodies (fig. 2) were solved sequentially. Due to the additivity, the dose rates obtained from the two types of source were summed up taking into account mass (volume) of the segments. Two components, normalized per 1 Bq: 1) the dose rate from the beta source and 2) the dose rate from the gamma source were summed to give the total dose rate, which has to be multiplied by the current ^{131}I thyroid activity. As a result, the dependence of the total dose rate on time was obtained. The integral of this dependence in the time interval from the beginning of the experiment allowed to calculate the accumulation of the current dose.

Precise calculations were carried out for a) β -radiation transport in TG accompanied by production secondary radiation and its further transport taking into account all processes, including generation and transport of bremsstrahlung, Auger electrons, etc.; b) transport of ^{131}I inherent γ -radiation, taking into account generation and transport of x-ray and fluorescent radiations, etc. Energy dissipation was monitored up to 1 keV, integral (over energy) dose dispersion was $< 0.1\%$.

It is shown by calculation that in these terms the contribution of γ -radiation produced by ^{131}I inherent gamma-source (with all secondary radiations) in the total absorbed dose makes $\sim 20\%$. The main result of calculations is the “conversion factor” from ^{131}I activity (uniformly distributed in the TG) to the average absorbed dose in it (for present irradiation conditions): $4.05 \cdot 10^{-12}$ Gy/s per 1 Bq for calves and $2.34 \cdot 10^{-12}$ Gy/s per 1 Bq for cows. As for critical dose, apparently, the lower limit of the dose causing very rapid (\sim within a day) destruction of the thyroid tissue of cattle corresponds to the value of the absorbed dose obtained in this work ~ 330 Gy.

Conclusion. The received results don't contradict the dosimetric data characterizing radiobiological consequences of radiation injury of a thyroid gland (~ 300 Gy) at the person [17] and sheep [15, 16].

The submitted analysis of the absorbed dose formation in a body of cattle allows estimating the lower bound of the dose causing transient catastrophic destruction of parenchymatous tissue of thyroid gland and the source of ^{131}I radiation localized in it. The intravital dosimetry of calves at the TG region convincingly shows this process: within a day after 11–12 days of observations the dose rate decreases sharply more than in 5 times. By this time the absorbed dose in the TG is close to 300 Gy.

Usage a compartmental model of the Iodine metabolism with biokinetic parameters, obtained on the basis of reliable experimental data, and precise models of both the subject area and radiation transport for evaluation the dose in the cattle thyroid, received in the present paper, one may estimate reliably TG doses and arrange necessary actions, for example, the radiation accident with release of radioiodines.

References:

1. ICRP Publication 103. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection Ann. ICRP 37. 332 p.
2. Budarkov V.A. Justification of cattle selection as one of the reference organisms in the system of environmental protection from radiation // Radiat Biology Radioecology. 2009;49:179-185. Russian.
3. France J., Kebreab E. Mathematical Modelling in Animal Nutrition // Centre for

- Nutrition Modelling University of Guelph. Wallingford: Biddles Ltd, King's Lynn. 2008.
4. Crout N.M.J., Voigt G. Modeling the Dynamics of Radioiodine in Dairy Cows // Journ. of Dairy Science. 1996;79:254-259.
 5. Smith J.G., Simmonds J.R. The Methodology for Assessing the Radiological Consequences of Routine Releases of Radionuclides to the Environment Used in PC-CREAM 08. HPA-RPD-058. Radiation 5. Protection Division. Chilton, Didcot, Oxfordshire 2009. 295 p.
 6. Sirotkin A.N., Panchenko I.Ya., Tyumenev L.N., et al. Comparative behavior of ^{131}I in cows at different sources of its intake // In Sb. Biological action of external and internal sources of radiation. (M: Medicine). 1972. Russian.
 7. Korneev N.A., Sirotkin A.N. Fundamentals of agricultural animals radioecology. M.: ENERGOATOMIZDAT. 1987. Russian.
 8. Spirin E.V., Lazarev N.M., Sarapultsev I.A. Formation of a dose of calves thyroid irradiation at ^{131}I receipt with a forage // Dokl. Russian Academy of Agricultural Sciences, 2004;4:54-55. Russian.
 9. Authors: X-5 Monte Carlo Team. MCNP – A General Monte Carlo N-Particle Transport Code, Version 5. Volume I: Overview and Theory // LA-UR-03-1987. 2003. 484 p.
 10. Toivo Suuroja, Tõnu Järveots, Elbi Lepp. Age-related morphological changes of thyroid gland in calves // Veterinarija ir zootechnika. 2003. T.23 (45). 55-59 pp.
 11. Zdeněk P., Jan T., Hana D. et al. Morphological and histometric parameters of the thyroid gland in slaughter cattle. //Agrobiology 2011. 28(1). 79–84 pp.
 12. ICRP Publication 89. 2002 Basic anatomical and physiological data for use in radiological protection: reference values Ann. ICRP 32. 3-4 pp.
 13. Klyopov A.N., Matusевич Eu.S., Kurachenko Yu.A. Application of mathematical modeling methods in nuclear medicine. Obninsk, OGTUAE, OOO ENIMTS “Simulation systems”. 2006. Russian.
 14. Budarkov V.A., Zenkin A.S., Arkhipov N.I., et al. Effect of iodine-131 on sheep depending on the content of stable iodine in the ration // Radiobiology. 1992;32(3):451-458. Russian.
 15. Budarkov V.A., Arkhipov N.I., Zenkin A.S., et al. The emergency release products effect of Chernobyl NPP on the thyroid gland of animals // Veterinary Medicine. 1990;7:60-63. Russian.
 16. Yastrebkov Yu.A., Budarkov V.A., Vasilenko I.Ya. Estimation of absorbed doses in cattle during the first year after the Chernobyl accident // Radiat Biology Radioecology. 1995;35(6):845-850. Russian.
 17. A Toxicological Profile for Iodine. Agency for Toxic Substances and Disease Registry Division of Toxicology. USA. Atlanta, Georgia. 2004. 517 p.

АКТИВНОСТЬ ^{131}I И ДОЗЫ В ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЕ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА В РАДИОБИОЛОГИЧЕСКОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ

Э.Н. Денисова, А.С. Снегирев, Ю.А. Кураченко, Г.В. Козьмин

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии, Обнинск, Россия, e-mail: ellaizaden@mail.ru

Аннотация

В работе рассмотрена задача расчета поглощенной дозы в щитовидной железе крупного рогатого скота при радиационных авариях. Целью работы является определение согласованных значений критической дозы ^{131}I в щитовидной железе коров и телят, приводящей к серьезной дисфункции железы и ее последующему разрушению. Для достижения указанных целей выполнены комплексные исследования по уточнению параметров камерной модели, опирающиеся на достоверные экспериментальные и теоретические данные.

THE BIOTESTING OF OIL POLLUTION OF AQUATIC ENVIRONMENTS

G.P. Fomicheva¹, B.M. Nasibulina²

¹Branch of the Center for Laboratory Analysis and Technical Measurements in the Southern Federal District – Center for Laboratory Analysis and Technical Measurements in the Astrakhan Region, Astrakhan, 41400, Russia, e-mail: g.fomicheva2012@mail.ru

²Astrakhan State University, Astrakhan, 414000, Russia, e-mail: aspu.nasibulina@yandex.ru

The problem of evaluating the degree of the pollution of aquatic environments by hydrocarbons is very important, and it is complicated by the fact that the equal mass concentrations of oil contaminants with different fractional composition have different degrees of toxic effects on aquatic organisms. The paper presents the advantages of using the method of biotesting for evaluation of the harm caused to natural water objects by the impact of accidental oil spills using the example of specific studies in the Astrakhan region (2013-2015). The following questions are considered: determination of toxicity of oil pollutants in the natural water; calculation and comparative analysis of safe concentrations LC₁₀ for the petroleum products with different fractions; the assessment of damage caused to the water medium by the impact of emergency oil spills by taking into account the biological indicator LC₁₀. The results of biotesting shows that the heaviest oil fractions of petroleum products have the maximal effect on *Daphnia magna* Straus. The limiting harmless concentrations (LC₁₀) of the heavy oil fractions dissolved and dispersed in water is 2 times less than LC₁₀ for the fractions of diesel fuel and 20 times less than LC₁₀ for the light gasoline and medium petroleum fractions of the petroleum products. The harmless concentration of oil products spilled on the surface of Silver Volozhka water channel is equal to 0.014 mg/dm³. This is 3,6 times less than the MAC of oil products in the water of fishery reservoirs (0.05 mg/dm³), which is taken as a benchmark in determining the degree of toxicity of pollution and economic damage. The use of the calculated index of LC₁₀ and biological coefficient C_{BIO} (if LC₁₀ is less than MAC) allows us to take into account the degree of influence of hydrocarbons directly on aquatic organisms and makes the calculations of damage caused to water medium more accurate and objective. Biotesting methods, along with the traditional analytical methods, should be utilized in complex studies of oil pollutions of the aquatic environments.

Introduction. Currently, anthropogenic pollution is one of the main factors that have a significant negative impact on the aquatic environments. Oil and petroleum products are examples of the most dangerous pollutants to the aquatic environment. The greatest danger to aquatic organisms of the entire spectrum of petroleum products present water-soluble and dispersed oil components [1,2]. Typically, the following fractions of the oil are distinguished: petrol (lighter) fractions, kerosene (average) fraction, diesel fraction, oil (heavy) fraction, fuel oil [3]. The problem of evaluating the degree of pollution of water by hydrocarbons is extremely important, and it is complicated by the fact that at equal mass concentrations of petroleum pollutants with different fractional composition have varying degrees of toxic effects on living organisms [4,5].

Thus, it is suggested that it is objectively useful and timely to study the influence of different fractions of petroleum products on the physiological activity of a various type Crustacea by biotesting methods. In addition, it is important to study the possibility of using the biotesting in the system for assessing the degree of accuracy of natural waters and for calculating the damage caused by the impact of emergency oil spills. The aim of this work is to investigate the effect of toxicity of various fractions of petroleum products

on the physiological activity of crustaceans (Crustacea type) by applying a method of biotesting.

To achieve this goal the following tasks were accomplished:

1) We determined lethal and safe concentrations of petroleum pollutants in natural water. The MAC of oil products in water of the fishery reservoirs and results of the bioassay safe concentrations of petroleum products in the natural water are compared.

2) We conducted experiments on the bioassay of different fractions of petroleum with a series of dilutions in cultivation water. We also compare the values of MAC for oil products in water of fishery reservoirs and results of the bioassay safe concentrations of various fractions of petroleum products in water [6,7].

3) We used a comprehensive system for assessing the harm caused to a fishery reservoir by oil pollution, taking into account LC₁₀ and the biological coefficient of the C_{БИО} using the example of the accident of oil tanker at the Silver Volozhka river.

Materials and Methods. Biotesting was performed on a synchronized culture of *Daphnia magna* Straus. It is a representative of the genus *Daphnia*, Cladocera of the family, the order Cladocera.

Each sample and its dilution were replicated three times. Account mortality and monitoring of the changes in physiological state of the test objects in acute experiments and in the control experiments were carried out prior to the expiration of 96 hours. To determine the harmless concentrations (BC) we used the method of direct calculations and method of probit-analysis using the software Excel.

The quality the control assessment of the toxicity of pollutants in the experiment was conducted by determining the sensitivity of the used test organisms to a reference toxicant – the potassium dichromate (K₂Cr₂O₇) [6].

Results and discussions.

1. To determine lethal and safe concentrations of petroleum pollutants in natural water.

With the purpose of studying the influence of pollution of the aquatic environment with oil products on the living organisms by method of CCA and biotesting, a comparative analysis of samples of natural water and film oil selected at oil spills in 2013-2015 on water bodies Volga river, Bahtemir, Kizang, Bobyor, Direct Bolda, Curve Bolda, Serebryanaya Volozhka was done.

Table 1 shows the results of comparison of MAC and actually harmless concentrations (LC₁₀) of natural water samples, which obtained by method of probit-analysis using Excel program.

Table 1

Comparison of the values of MAC for oil products in water of fishery reservoirs and harmless concentrations (LC₁₀) of petroleum products in the samples of natural water

Name of indicator	№ пробы													
	16*	17	18А	18Б	18В	18Г	18Д	18Е	19А	19Б	20В	20Г	20Е	20Ф
MAC, mg/dm ³	0,05													
LC ₁₀ , mg/dm ³	0.061	0.07	0.034	0.036	0.136	0.118	0.111	0.107	0.059	0.031	0.038	0.038	0.067	0.04
MAC: LC ₁₀	0.82	0.71	1.43	1.39	0.37	0.42	0.45	0.05	0.85	1.61	1.32	1.32	0.75	1.25

From the Table 1 it can be seen that in 43% of the samples of natural water contaminated with petroleum products in the fact the safe concentrations of LC₁₀ are much less than the MAC.

2. To conduct experiments on the bioassay of different fractions of petroleum.

To study the degree of influence of different fractions of petroleum products on hydrobionts, a series of experiments on the test object was carried out. The following pollutants were utilized in the experiments: gasoline (gasoline or light fraction); kerosene

(medium or kerosene fraction); diesel fuel (diesel fraction); machine oil (or heavy oil fraction); Oily waste taken from the surface of the water in the place of emergency oil spill on a water surface at Silver ProtokaVolozhka.

Analysis of the results of experiments suggests that the greatest toxic effects on the test object 1 hour after the start of the experiment was caused by motor oil and diesel fuel. The manifestation of the physiological disorders (moving to the surface of the water, whirling on its side, no characteristic spasmodic movements, difficulty breathing, lack of active power) was observed in 100% of the test organisms at concentrations: 0.05 mg/dm³ (polluter-machine oil) and 0,25 mg/dm³ (polluter-diesel fuel).

With the exposure time 96 hours, similar physiological changes in the test organisms were observed for different concentrations of the pollutants in the water. With the increase in the number of fatalities, the surviving test organisms were observed to adapt to the effects of the pollutants (see Table 2).

Table 2

The effect of the oil concentration in water samples (mg/dm³) on the physiological characteristics of the test objects 96 hours after the start of the experiment.

Physiological changes	Gasoline mg/dm ³	Kerosene mg/dm ³	Waste oil product mg/dm ³	diesel fuel mg/dm ³	machine oil mg/dm ³
Adaptation to the effects of the pollutant, recovery of motor function of the organism, normalization of processes of respiration, nutrition	-	-	От 0.025 до 20	-	От 0.025 до 0.05
Death 10% (LK0)	0,25	0,25	0,012	0,025	0,012
Death of 50% (LK50)	2	2	0,05	0,25	0,025
Fatal 100% (LK100)	20	20	20	4	0,05
Active sudden movement in the water column, movement of the valves is uniform, breathing and nutrition without deviation from the norm, the lethal outcome (10%) was observed in	0.05	0.05	0.012	0.012	0.012

Analysis of the Table 2 show us that the greatest toxic effects in the test organisms 96 hours after the start of the experiment were caused by the engine oil, the waste oil and the diesel fuel. From Table 2 one can see that the harmless limit concentrations (BC₁₀) dissolved and dispersed in water heavy oil fractions of oil 2 times less than BC₁₀ fraction of the diesel fuel and 20 times less than BC₁₀ light gasoline and medium petroleum fractions petroleum products.

Table 3 shows the results of comparison of the values of MAC and actually harmless concentrations (LC₁₀) of different fractions of petroleum products, which obtained by method of probit-analysis using the Excel program.

Table 3

Comparison of the values of MAC for oil products in water of fishery reservoirs and safe concentrations of various fractions of petroleum products in water (exposure time 96 h)

Name of indicator	Gasoline	Kerosene	Waste oil product	Diesel fuel	Machine oil
MAC (mg/dm ³)	0.05				
Death 10% (LC ₁₀) exposure time 96 h	0,337	0,320	0,014	0,028	0,012
MAC: LC ₁₀	0,15	0,16	3,57	1,79	4,17

According to the degree and nature of the toxic effects on the test object, the waste taken from the site of the emergency spill on a water body occupies an intermediate

position between the heavy and light fractions of oil. Its harmless concentration (LC₁₀) is 3.6 times lower than the MAC value.

The results obtained in the course of our experiments fully confirmed that the toxicity of hydrocarbon pollutants of natural water which different fractional composition, accordingly, can be significantly different for the same quantitative content of the pollutants.

3. The use of biotesting to assess the damage caused by the impact of accidental spills of petroleum products on the Silver Volozhka channel (2015) taking into account the exceeding of the biological indicator LC₁₀.

In scientific literature there are various points of view on which method of determining the toxicity of the aquatic environment is the most precise and efficient: chemical, biological or other methods. In the practice of environmental organizations in Russia the calculation of the amount of the harm (damage-D(Y) from accidental pollution of water body by oil products is determined by the formula №2 Methodology [8]:

$$D(Y) = K_{БГ} * K_{ДЛ} * K_{Б} * K_{ИИ} * H_i, \quad (1)$$

in that $K_{БГ}$ – coefficient taking into account natural and climatic conditions depending on the season;

$K_{Б}$ – coefficient taking into account environmental factors (state of water bodies);

$K_{ИИ}$ – the rate of indexation that takes into account the inflationary component;

$K_{ДЛ}$ – coefficient taking into account the duration of the negative impact of harmful (polluting) substances on the water body in case of failure to take measures;

H_i – is the fee for calculating the amount of damage in accordance with Table 8 of Methodology [8].

H_i set taking into account the MAC and total mass of oil products. The biological indicator LC₁₀ of aquatic organisms actually safe for hydrobionts in cases of accidental spills is often several times lower than the MAC value.

The idea of using biotesting to assess the damage caused by the impact of accidental spills of petroleum products on natural water bodies of fishery importance is follows. In order to improve the quality of the assessment of damage, it is proposed to introduce an additional biological coefficient $C_{БИО}$ ($K_{Б}$) in the generally accepted formula №2 Methodology [8] for calculating of the damage. $C_{БИО}$ takes into account the multiplicity of exceeding the MAC for petroleum products in relation to the biological LC₁₀, which is determined by biotesting on water test objects (Daphnia, etc.)

$$C_{БИО} = MAC / LC_{10} \quad (2)$$

in cases where the actual LC₁₀ is a more limiting indicator then the MAC,

$$LC_{10} < MAC \quad (C_{БИО} < 1)$$

Let us consider the use of a comprehensive system for assessing the harm caused to a fishery reservoir by oil pollution, taking into account LC₁₀ and the biological coefficient of the $C_{БИО}$ by the example of accident of an oil tanker of the Silver Volozhka. For this emergency situation, the estimated indicator of biotesting is a LC₁₀=0,014 mg/dm³, and the MAC (maximum permissible concentration) for oil products MAC=0,05 mg/dm³. From the above it follows:

$$C_{БИО} = 0,05 \text{ mg/dm}^3 / 0,014 \text{ mg/dm}^3 = 3,6$$

This indicates that in this case, the level of the LC₁₀ for oil products is 3,6 times lower than the MAC. So the 1 ton of the oil products trapped in the Silver Volozhka channel and 3,6 tons of the oil products with a LC₁₀ = MAC = 0,05 mg/dm³ has toxicity equal to that of toxicity. Damage for this case, taking into account the $C_{БИО}$ will be:

$$D(Y) = K_{БГ} * K_{ДЛ} * K_{Б} * K_{ИИ} * H_i * C_{БИО}, \quad (3)$$

where H_i – the tax for calculating the amount of the damage in accordance with Table 8 of Methodology [8] is equal to 962000 RUB;

$K_{БГ}$ – in accordance with Table 1 of Methodology [8] is equal to 5;

$K_{Б}$ – in accordance with Table 2 of Methodology [8] is equal to 1,41;

$K_{ИИ}$ – in accordance with paragraph 11,1 of Methodology [8] is equal to 1.

The amount of damage caused to the water body of the Silver Volozhka channel by accidental contamination with oil products, taking into account $C_{БИО}$ was:

$$D(Y) = 962000 \text{ RUB} * 1,15 * 5 * 1,41 * 1 * 3,6 = 7799415 \text{ RUB} * 3,6 = 28077894 \text{ RUB}$$

The damage caused to the water body of the Silver Volozhka channel, excluding $C_{БИО}$ amounted to:

$$D(Y) = 962000 \text{ RUB} * 1,15 * 5 * 1,41 * 1 = 7799415 \text{ RUB}$$

The actual damage taking into account $C_{БИО}$ is 3,6 times greater than the damage calculated only on chemical analysis.

Conclusion. In conclusion, it is argued that the problem of assessing the degree of pollution of water by hydrocarbons is very important. The comprehensive approach to investigating this issue should integrate both the methods of CCA and biotesting. The application of a calculated indicator of biological safety concentration LC_{10} and the biological coefficient $C_{БИО}$ (K_B) at the test facility improves the quality of assessment of the degree of accuracy of oil-contaminated water environments and the accuracy of calculating damage to natural water objects (if $LC_{10} < MAC$; $C_{БИО} < 1$). Based on these results, it can be concluded that the proposed solution is promising and the possibility of its application in the practice of state control of environmental organizations.

Referens:

1. Antonov D. V. analysis of the sorbents used in oil spill response and oil products. Conservation of biological resources of the Caspian Sea. International scientific-practical conference. Astrakhan, September 18-19, 2014. Materials and reports. Publishing House of ASTU, 2014. - P. 112-118.
2. Cherkashin S. A. some aspects of the impact of petroleum hydrocarbons on fishes and crustaceans. Vestnik DVO ran, 2005. - No. 3. - P. 83-91.
3. Wikipedia. <https://en.m.wikipedia.org/wiki/5>. Alimov A. F., Bouillon V. V., Gutelmakher B. L., Ivanova, M. B. biological and ecological indicators to determine the degree of pollution of natural waters. Water resources. -M., Izd-vo an USSR, 1979. - No. 5. -S.
4. Lozovoy D. V. Biotesting of oil products with the help of crustaceans / Safety of the biosphere: book of abstracts. - Ekaterinburg: USTU-UPI, 2000. - P.108.
5. Fomichev G. P., Nasibulin B. M., Kamakin A. M. Study of the toxicity of fractions of petroleum products by the method of biotesting/ G. P. Fomichev, B. M. nasibulina, A. M. Kamakin // Natural science, in 2016. - №4 (57). - P. 22-30.
6. FR.1.39.2007.03222. Method of determination of water toxicity and aqueous extracts from soils, sewage sludge, waste mortality and changes in fecundity of Daphnia. -2nd ed. Rev. And extra-Moscow: AKVAROS, Moscow, 2007. - 52s.
7. Technique of execution of measurements of mass concentration of petroleum products in drinking, surface and waste water by the method of IR-spectrometry [Text]: PND f 14.1:2.4.5-95. M., 2011. URL: <http://7law.info/russia/government7m/z874.htm>
8. Methods of calculating the amount of damage caused to water bodies due to violation of water legislation in the wording of the Order of the Ministry of natural resources of Russia dated 31.01.2014 №47, 26.08.2015 №365. Approved by Order of the Ministry of natural resources and ecology of the Russian Federation of April 13, 2009 №87. URL: <https://greenwire.greenpeace.org/russia/ru/system/files/ru/document/21384d48-9123-4266-9c83-248adb36b550.pdf>

БИОТЕСТИРОВАНИЕ НЕФТЯНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ВОДНЫХ СРЕД

Г.П. Фомичева¹, Б.М. Насибулина²

¹Филиал «Центра лабораторного анализа и технических измерений по Южному федеральному округу» – Центр лабораторного анализа и технических измерений по Астраханской области, Астрахань, 414000, Россия,
e-mail: g.fomicheva2012@mail.ru;

²Астраханский государственный университет, Астрахань, 414000, Россия,
e-mail: aspu.nasibulina@yandex.ru.

Аннотация

Проблема оценки степени загрязнения водной среды углеводородами крайне важна и осложняется тем, что при равных показателях массовых концентраций нефтяные загрязнители, обладающие разным фракционным составом, оказывают разную степень токсического воздействия на водные организмы. В статье представлены преимущества применения метода биотестирования в системе оценки вреда, нанесённого природным водным объектам воздействием аварийных разливов нефтепродуктов на примере исследований в Астраханском регионе (2013-2015). Рассмотрены следующие вопросы: определение токсичности нефтяных загрязнителей в природной воде; расчет и сравнительный анализ безопасных концентрации БК₁₀ нефтепродуктов различных фракций; оценка вреда, нанесённого воздействием аварийного разлива нефтепродуктов с учётом значения биологического показателя БК₁₀. Результаты биотестирования показали, что наиболее тяжёлые масляные фракции нефтепродуктов оказывают максимальное воздействие на *Daphnia magna* Straus. Предел безвредных концентраций (БК₁₀), растворённых и диспергированных в воде тяжёлых масляных фракций нефтепродуктов в 2 раза меньше, чем БК₁₀ фракции дизельного топлива и в 20 раз меньше, чем БК₁₀ лёгких бензиновых и средних керосиновых фракций нефтепродуктов. Безопасная концентрация нефтепродуктов, разлитых на поверхности воды в результате аварии нефтеналивного судна на протоке Серебряная Воложка составила 0.014 мг/дм³. Это в 3,6 раз меньше, чем ПДК нефтепродуктов в воде рыбохозяйственных водоёмов (0,05 мг/дм³), который учитывается в качестве контрольного показателя при определении токсичности загрязнения и причиненного экономического ущерба. Применение расчетного показателя биологически безопасной концентрации БК₁₀ и биологического коэффициента К_Б (при условии, если БК₁₀ меньше ПДК) позволяет учесть влияние углеводородов непосредственно на водные организмы и сделать расчёт ущерба, причинённого водным объектам, более точным и объективным. Методы биотестирования, наряду с традиционными аналитическими методами, обязательно должны быть использованы в комплексном изучении нефтяных загрязнений водной среды.

УДК 504.75

ANALYSIS OF THE EXPOSURE OF THE ENTERPRISE TO THE ENVIRONMENT

Z.S. Gelmanova, A.N. Konakbaeva, A.V. Mezentseva

*Karagandy State Industrial University,
Temirtau, 101400, Republic of Kazakhstan, e-mail: zoyakgiu@mail.ru*

The article analyzes the environmental impact of a metallurgical enterprise. The data obtained give an idea about the problems of production, about the “zones of increased attention”, about the readiness and ability of the enterprise to develop in accordance with modern environmental requirements. Considered ways to assess the impact on the environment. The data are presented for assessing the environmental hazard of JSC “ArcelorMittal Temirtau”, in terms of air pollution.

In large metallurgical holdings of foreign companies, which include ArcelorMittal Temirtau JSC, the state of production is assessed according to the requirements given in Table 1 [1]. The data obtained after filling in this table give an ecological view of the individual problems of production, the quality of the products produced, the readiness and ability of the enterprise to develop in accordance with modern requirements for ensuring environmental quality. This allows you to set for the management of the enterprise zone of "increased attention". But at the same time, the magnitude of the impact on the environment is not considered, while it is precisely quantitative estimates of anthropogenic impact that are the basis for determining the environmental hazard of metallurgical production.

The most common way to assess the impact on the environment is to compare the actual content of the pollutant with its maximum permissible concentrations (MPC) [2]. Usually, there are several impurities in the atmosphere and hydrosphere, and their combined effect often leads to the formation of new, sometimes more harmful substances. Therefore, one can only unilaterally assess the change in the quality of the environment. In the Republic of Kazakhstan, such an indicator of environmental hazard is the standard proposed in the “Recommendations on the division of enterprises by hazard category depending on the mass and species composition of pollutants emitted into the atmosphere”. All enterprises are divided into four categories by enterprise hazard ratio (EHR). The EHR value is only an index for ranking the sources of pollution, but does not determine the real environmental hazard. Therefore, for enterprises, their hazard category is determined by certain boundary values of the EHR (Table 2).

To assess the environmental hazard of an enterprise in terms of air pollution, an atmospheric pollution index (API) is used:

The ranking of the environmental hazard of production for API is as follows:

- $API < 5$; the level of air pollution is insignificant and does not represent a danger to public health;
- $5 < API < 8$; level of certain risk to human health;
- $8 < API < 15$; the crisis level of air pollution, dangerous for human health;
- $API > 15$; catastrophic level of air pollution.

According to KazHydromet, there is a decrease in the Atmospheric Pollution Index in Temirtau - this is the result of not only the functioning and improvement of the environmental management system, but also the work of each member of the workforce of JSC «ArcelorMittal Temirtau» involved in environmental protection activities of the enterprise [3].

Table 1

Analysis of the conformity of production with environmental requirements

Metallurgy enterprise	Metallurgical plant under serious threat.	Metallurgical plant with good development prospects
Degree of environmental pollution	High level of pollution, exceeds established limits.	Low pollution
Products of the enterprise	Non-renewable materials produced with high resource costs and high pollution emissions, discharges and waste.	Renewable recycled materials. Low pollution. Low energy production
Manufacturing-process	Environmental pollution. Hazardous waste. High energy intensity. Harmful effects on humans	Low emissions, discharges and waste. Low power consumption. Efficient use of resources, the absence of harmful effects on humans
Environmental concern	Consumers do not care about the environment	Consumers Environmental Concerns
The degree of compliance with environ-mental conditions and standards	Incomplete compliance with environmental regulations and standards	Fulfillment of all environmental conditions and standards
The interest of managers and staff in environ-mental protection	Total lack of interest	Deep interest
Staff qualification	Narrow specialization, unsatisfactory staff training	High qualification and high educational level of staff
Base of project development	Weak	Sustainable creative team, high level of design decisions
Capital	Lack of capital	Financial institutions are willing to finance environ-mentally friendly projects.

Table 2

Hazard category

Hazard category	EHR
1	$EHR > 10^6$
2	$10^6 > EHR \geq 10^4$
3	$10^4 > EHR \geq 10^3$
4	$EHR < 10^3$

Table 3

Air pollution index

Year	Month											
	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December
2014	10,7	7,7	7,7	8,6	8,6	7,7	7,8	8,8	11,6	12,7	9,6	12,6
2015	9,3	10,9	10,9	11,8	9,4	10,5	9,7	9,9	9,8	9,2	11,3	10,2
2016	11,3	10,7	12	9,4	10,4	8,8	10	9,9	8	8,4	6,2	7,3
2017	6,7	7,3	8	5,3	6,3	6,8	7,2	6,3	7,3	6,7	6,2	

References:

1. Gelmanova Z.S., Osyk Y.I., Butrin A.G. Environmental management of metallurgical enterprises: Monograph. - Karagandy: Publisher KarSU, 2014. - 116p.
2. Informational and analytical review: production, economy, JSC “ArcelorMittal Temirtau” for 2015-2017.
3. Annual reports on the implementation of the environmental action plan of ArcelorMittal Temirtau for 2015-2017.

АНАЛИЗ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

З.С. Гельманова; А.Н. Конакбаева; А.В. Мезенцева

*Карагандинский государственный индустриальный университет,
г. Темиртау, 101400, Республика Казахстан, e-mail: zoyakgiu@mail.ru*

Аннотация

В статье анализируется воздействие металлургического предприятия на окружающую среду. Полученные данные дают представление о проблемах производства, о «зонах повышенного внимания», о готовности и способности предприятия развиваться с учетом современных требований к обеспечению окружающей среды. Рассмотрены способы оценки воздействия на окружающую среду. Представлены данные для оценки экологической опасности АО «АрселорМиттал Темиртау» в части загрязнения атмосферного воздуха.

LOCAL ENVIRONMENTAL MONITORING OF METALLURGICAL ENTERPRISE

Z.S. Gelmanova T.O. Podgurskaya

*Karaganda State Industrial University, Temirtau,
101400, Republic of Kazakhstan, e-mail: zoyakgiu@mail.ru*

The article discusses the creation of a local monitoring system for a metallurgical enterprise. The necessity of carrying out work on the organization of environmental monitoring at JSC “ArcelorMittal Temirtau” in the zone of its direct influence has been substantiated. The list of controlled indicators of the state of the environment has been determined. Rules of observation. The composition presented by the company documentary data.

The creation of a local monitoring system for a metallurgical enterprise should be carried out on the basis of a project approved by the head and coordinated with state authorized bodies. The latter, within their boundaries, determine the list of monitored indicators of the state of the natural environment, the rules of observation, and the composition of the documentary data submitted by the enterprise.

The local monitoring system implements the following functions: control of the main sources of pollution at an enterprise based on instrumental measurements of air emissions, wastewater discharges and the status of various wastes, including automatic control of a limited number of components; control of pollution of the atmosphere and surface waters with automated sampling at stationary posts located in the zone of direct influence of the enterprise; making observations at route posts, conducting under-flare observations of the state of the atmospheric air, sampling for the analysis of soil and snow cover; transferring data from automatic gas analyzers, process and vent gases to the central information collection and processing station; data processing control of pollution sources; processing of monitoring data on environmental pollution in the zone of influence of the enterprise; transfer of the processed information to users.

To perform these functions, the following elements should be included in the local monitoring system: sampling points and points for emissions and discharges, raw materials and waste samples; automated control points (ACP) of the main sources of pollution in the enterprise; data transmission system from the agro-industrial complex to the central point; stationary posts for automated sampling in the zone of influence of the enterprise; mobile laboratory for conducting observations at route posts and performing under-flare measurements; laboratory of eco-analytical control with a central point for collecting, processing and transmitting information; computer network transfer data to users.

For metallurgical plants, the monitoring of the state of the environment in the zone of their direct influence is very significant. The main task solved within the framework of this type of monitoring is the verification of compliance by the enterprise or nature user with environmental standards, norms and rules for a certain type of activity [1]. The primary goal is to eliminate the excess of MPC of pollutants in the plant's zone.

Observations and measurements within the framework of this monitoring are organized by the enterprise within the territory (water area), where it is possible to isolate the impact of each of these sources in the total impact of the entire set of pollution sources. This possibility is, first of all, in the territory where the direct impact of the enterprise is monopoly or predominant. The size of the zone of direct influence of the source is taken into account on the basis of geographic factors and meteorological conditions that are typical for a given area, which determine the processes of emission in the environment, discharges, migration of substances from disposed waste.

Zones of direct influence of sources of influence of an enterprise on specific elements of the biosphere may not coincide in position and size. For example, these can be areas of dispersion of emissions in the surface layer of the atmosphere in the direction of the predominant part of the wind rose and the zone of migration of impurities from waste into groundwater streams.

At the same time, it should be noted that the main migration flow of pollutants from one medium to another is the transfer of impurities into water bodies and the soil from atmospheric air. Therefore, it is advisable to consider the zone of direct impact of enterprise emissions to the atmosphere, taking into account its correction, in particular, through water courses, as the boundary of the zone of direct influence.

The preliminary boundaries of the influence of a particular metallurgical enterprise on the atmospheric air are determined for each substance (or group of substances with a summation effect), based on the data on the calculation of the dispersion of emissions in the surface layer of the atmosphere. At the same time, the zone of influence is limited to the territory in which the maximum surface concentration of emissions from each source (without taking into account the background concentration) exceeds 0.05 MPC in adverse meteorological conditions.

The final selection of the zone of direct influence of the source of pollution is made on the basis of an environmental survey in the area of the territorial location of the enterprise. The survey results reflect: geographical and climatic characteristics of the area of the enterprise (location relative to residential areas, topography, hydrology, geological conditions, vegetation and wildlife, average and maximum temperatures of atmospheric air in the surface layer, wind rose, characteristics adverse weather conditions); assessment of the state of air pollution, surface water and soil in the location of the enterprise and in the territories of nearby settlements according to regular, occasional observations and the results of the survey; Characteristics of the pollution sources of the enterprise for all production on the basis of the analysis of the approved MPE, PDS and observational data carried out during the survey. Assessment of the capabilities and characteristics of salvo emissions; assessment of the possibilities of changing technological regimes in order to reduce emissions under unfavorable meteorological conditions and if the MPC is exceeded in the residential area; analysis of emissions and discharges, waste of the enterprise by ingredients and volumes, taking into account the degree of impact on the human body (according to the hazard class of the substance), sum effect and potentiation; substantiation of the composition of the controlled ingredients.

To monitor and control air pollution in the location of the enterprise, in order to confirm that it complies with environmental requirements, clarify the environmental standards established for it and restrictions, various types of measurement organizations are used (as needed): stationary and route stations, sub-flares measurements, snow surveys, soil and precipitation sampling. Stationary posts provide long-term continuous and homogeneous according to the nomenclature of measurement parameters, which give objective operational and averaged characteristics of pollution, allowing to identify trends in their changes. The stationary post is a complex located on a representative land plot, equipped with means of measuring the characteristics of pollution and meteorological parameters of the atmosphere.

Routing (mobile) post is intended for air sampling in cases when installing a stationary post is impractical or it is necessary to study in detail the state of pollution in a separate zone.

The mobile complex includes a vehicle (vehicle) with measurement and information processing tools installed in it. Modern mobile posts have means of transmitting the processed information to the central post of environmental monitoring.

Flare observations are carried out to determine the maximum concentrations of pollutants generated by emissions of specific sources of the enterprise, and to assess the characteristics (topology) of the zone of influence of the plume of emission.

The location of sampling points for analysis depends on the direction of the discharge plume. Sampling is carried out at distances from the source 0.5; one; 2; 3; four; five; 6; 7; eight; ten; 15 and 30 km.

Observation data at small distances from the source characterize contaminated if the sources are of low height, or the source is surface (unorganized). Over long distances, pollution from high-altitude sources and the effects of low and unorganized sources are estimated. It is necessary to consider the most frequent measurements, which should be carried out at distances from the source equal to 10–40 average pipe heights, since in most cases this distance corresponds to the most probable maximums of surface impurity concentrations.

When conducting under-flare measurements with substances specific to the metallurgical plant, at least 50 measurements at each point at a given distance from the source of pollution should be carried out annually.

Along with direct measurements, the assessment of environmental indicators of the environment is based on indirect characteristics. For example, this is data on the chemical composition of precipitation samples. The “cut” of the snow cover allows determining the intensity of pollution in different periods (weeks, months), their composition, and for individual specific ingredients and the contribution of individual sources to the deterioration of the ecological situation.

In determining the locations of observation posts for air pollution, the following shall be taken into account: the location of the existing observation posts; prevailing wind direction; location of the zones of the largest single and daily average concentration of pollution according to the statistical reporting; location of residential areas; population density in certain areas of the settlement (city) within the zone of influence of the enterprise.

Observations on the full program are performed daily by continuous recording or discretely at specified intervals, but at least four times with mandatory sampling at 1, 7, 13 and 19 hours local time. During the period of adverse meteorological conditions, the frequency of measurements is brought to sampling every 3 hours.

The timing of sampling for under flare observations should ensure the identification of the highest impurity concentrations associated with the features of the emission regime and the meteorological conditions of their dispersion. To provide statistical contractual data, the total number of measurements at a given point must be at least 200 per year.

The implementation of measurement programs makes it possible, along with operational data, to obtain monthly average and annual average characteristics of pollution in the controlled area.

In this case, the sampling of snow, soil samples, precipitation should be carried out near the air sampling points. Sampling of snow is made once a year during the period of maximum accumulation of moisture in it. At the same time, they measure the density of snow and moisture reserves on the snow-measuring route. The samples determine the content of water-soluble impurities and heavy metals [2].

To carry out work on the organization of environmental monitoring for the enterprise and in the area of its direct influence, the task of identifying, ranking and describing pollution sources should be solved. These activities include a series of steps.

Stage 1. Description of the geographical and climatic characteristics of the area of the metallurgical plant. Provides data on the terrain, geological structure and hydrography of the territory. The characteristic of the sanitary protection zone is given. It describes the topology of residential areas and natural objects relative to industrial sites. Climatic conditions are described (average and maximum air temperatures in the surface layer, wind di-

rections and speeds by points, repetition of wind directions and calms, precipitation characteristics, adverse meteorological conditions).

Stage 2. Assessment of the state of air pollution, surface water and soil of the settlement at the location or direct influence of the enterprise.

The data on the contribution of this enterprise to the level of air pollution, surface water and soil of the settlement in comparison with other enterprises (by gross emissions and discharges, by the share of the total volume, by categories and hazard classes of pollutants) are given. Specific company specific pollutants are indicated. Separately, the presence in the emissions of substances with an effect of summation with substances that are present in the emissions of other enterprises is noted.

Stage 3. Analysis of the enterprise as a source of environmental pollution.

A brief description of the technological processes of all production with an indication of organized and unorganized sources of emissions and discharges, the composition of the emitted ingredients for each production (process), workshop, site is given. The data on possible salvo emissions and discharges of pollutants, as well as possible emergency and emergency situations with their characteristics are given.

An analysis is made of emissions and discharges of an enterprise by ingredients and volumes, a classification is given of pollutants in emissions according to the degree of their exposure to humans, by hazard class (separately for a group of substances that have a summation effect). The maximum one-time and average daily maximum concentration limits or relatively safe exposure levels (RSEL) are indicated.

The results of the calculation of the dispersion of the main pollutants and the analysis of possible maximum permissible concentrations at the border of the sanitary protection zone and in the residential area are given.

The possibilities of changing technological regimes in adverse meteorological conditions are assessed.

Stage 4. Definition of the category of the enterprise as a source of environmental pollution.

On the basis of data on maximum calculated concentrations and maximum total values of emissions (discharges) from all sources of pollution, an enterprise is assigned to the relevant hazard category.

The ranking of emission sources (discharges) in an enterprise is also carried out on the basis of the combination "source - pollutant". In determining the category of the emission source, parameters are calculated characterizing the impact of the release (discharge) of each substance from each source on air pollution (water content) in the areas adjacent to the enterprise. The results are given in the form of a table containing the source number, code and name of the substance, category of release (discharge) for this substance. On this basis, a "schedule of control at the enterprise for compliance with the MPE standards (PDS) at emission sources" is compiled.

Similar work is being done on wastewater sources.

Stage 5. Justification of the composition of the controlled ingredients in the zone of direct exposure of the enterprise.

The survey data on the territorial location of the enterprise, conducted by the Regional Administration of Hydrometeorology and Environmental Monitoring and the regional center of the state sanitary and epidemiological control, are given. The data of risk calculations on the health status of the population due to the influence of various pollutants present in the emissions of the enterprise are analyzed.

When determining the priority list of harmful substances subject to control in the zone of direct influence of an enterprise, additional calculation results are added, taking into account the composition, quantity and hazard class of impurities in accordance with the requirements of regulatory documents of the Republic of Kazakhstan [3].

In conclusion, it should be noted that environmental monitoring is one of the elements of ensuring environmental safety in Kazakhstan.

References:

1. Information and analytical review: production, economy, JSC Arcelor-Mittal Temirtau for 2015-2017.
2. Annual reports on the implementation of the environmental action plan of Arcelor-Mittal Temirtau JSC for 2015-2017.
3. GOST R ISO 14001: 2016. Environmental management systems. - Requirements and guidance on the application of Moscow: IPK Standards publishing house, 2016.-46с.

**ЛОКАЛЬНЫЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

З.С. Гельманова; Т.О. Подгурская

*Карагандинский государственный индустриальный университет,
г. Темиртау, 101400, Республика Казахстан, e-mail: zoyakgiu@mail.ru*

Аннотация

В статье рассматривается создание системы локального мониторинга для металлургического предприятия. Обоснована необходимость проведения работ по организации экологического мониторинга на АО «АрселорМиттал Темиртау» в зоне его прямого влияния. Определены перечень контролируемых показателей состояния окружающей среды, регламент наблюдений, состав представляемых предприятием документальных данных.

TRANSITION TO ENVIRONMENTALLY SAFE MANUFACTURE IN METALLURGY

Z.S. Gelmanova; A.S. Yekel; A.E. Aldabaeva

*Karagandy State Industrial University,
Temirtau, 101400, Republic of Kazakhstan, e-mail: zoyakgiu@mail.ru*

The article discusses the creation of environmentally friendly industries. Indicated directional movement of metallurgy to its creation. A tool for preventive environmental regulation is proposed. The procedure for the application of environmental impact assessment (AEIA) for metallurgy, as an industry with a high potential environmental hazard, is considered.

The creation of environmentally safe production is associated with the economic, scientific and technical capabilities of metallurgy, with the social situation in society. The development of technogenic civilization in the 21st century objectively requires an evolutionary process of restructuring metallurgical industries based on high technologies and highly efficient equipment.

The market of production and consumption of iron and steel in the XXI century has changed significantly. According to the research, two forecasts are confirmed: there is a tendency for the index of production of ferrous metals and alloys to lag behind the GDP index; the relationship between these indicators for the future remains quite close [1].

Fluctuations in the production of ferrous metals in the 21st century are associated with world crises. Currently, these processes are determined by deeper causes. The evolution of steel consumption went hand in hand with changes in technological processes. Metal losses have sharply decreased, the quality of steel has improved, the specific consumption of alloys in consuming industries has decreased. This is the first. Secondly, the shortage of coke has become a deterrent to the development of the steel industry, and the development of alternative technologies did not solve this problem. Thirdly, the development of metallurgy in many industries is hampered by severe environmental restrictions. In particular, the costs of suppressing and capturing emissions and discharges into the environment, and recycling of waste drastically reduced the profitability of production and the competitiveness of metallurgical enterprises.

Expansion of steel production, associated with the growth of consumption of metal structures in the construction industry, combined with concrete, glass and wood.

The use of non-ferrous metals as their alternative substitutes for steel, their alloys, plastics and cement is highly controversial due to the extremely small volumes of their production (composite materials), high cost compared to steel (non-ferrous metals alloys), limited application areas (cement). In addition, each potential substitute due to its properties has the most rational field of application. At the same time, the majority of consumers of structural materials give priority to their mechanical (strength, elasticity, deformability) and thermal (heat resistance) properties and their combination. It is for these properties that steel surpasses the known potential substitutes.

Note also that the energy intensity of production of such steel substitutes as aluminum and its alloys is 5-10 times, and there are 3-4 times more plastics than steel.

Production of non-ferrous metals and their alloys is significantly more capacious in terms of negative environmental impact than steel production.

The chemical industry, as a producer of plastics, is one of the most environmentally hazardous industries after transport, energy and agriculture, and is noticeably ahead of ferrous metallurgy in this respect. According to foreign data, the recycling coefficient for fer-

rous metals is 55%, for aluminum - 27%, plastics - 10%. Cement, composite, fiberglass are generally disposable materials.

The development of resource and energy crises occurs almost simultaneously. By the beginning of the XXI century, the average energy consumption only in the last 35 years of the XX century increased almost 3 times and exceeded 2 tons of fuel equivalent. (tons of standard fuel), and the overall growth in energy consumption has increased almost 10 times. The mass of pollutants in emissions, discharges, wastes increased to the same extent. Equipping metallurgical enterprises with standard cleaning systems did not lead to a radical improvement in the environmental situation. It should be borne in mind that the necessary costs of such cleaning systems reach 50% of the capital investment in the construction of metallurgical facilities. For example, when the specific energy consumption per 1 ton of input power for the production of rolled products in the amount of 3 tons of fuel equivalent per ton, the additional costs for environmental protection are 1-1.5 tons of fuel equivalent per ton of rolled metal.

It is known that it is impossible to create environmentally friendly production in the environment of "dirty" industries surrounding it [2, 3]. So, if you do not accept the existing technology, and replace the "dirty" raw materials with qualitative environmental indicators, this will already be a significant lever in reducing the impact on the environment. In the fuel balance of metallurgy, the share of natural gas does not exceed 35%, and the average specific emissions of pollutants into the atmosphere are 50-60 kg / t cf. At the same time, the main fuel of the Japanese metallurgists is gas (not only natural, but secondary and artificial) and average specific emissions are 1.5 kg / tf. This means that Kazakhstan has a real potential to reduce energy consumption by more than 50%, and a decrease in environmental pollution is estimated at 30-35 times.

The priority position of Kazakhstan in terms of natural gas resources makes it possible to largely solve the problem of energy saving and reducing the impact on the environment. However, it should be noted that natural gas is not just fuel, but after conversion (reforming) is a reducing agent, which is used in highly efficient processes of direct production of iron. We should not forget that natural gas is the most valuable raw material for the chemical industry. Therefore, it is necessary to solve the problem of gasification of fossil coal, biogas production, conversion and electrolysis hydrogen, i.e. renewable energy problem. Realization in metallurgy of renewable energy sources is not always possible "directly." Therefore, it is assumed their use for the production of electrical energy with the growth of the volume of smelting high-quality alloys in electric furnaces.

In accordance with the dynamics and trends in the application of energy resources, the evolution of metallurgy in the 21st century and further is predicted as follows:

Stage 1 (until 2050) - the period of exhaustion of oil reserves, the increase in coal and natural gas production, the continuation of the traditional development of metallurgy with the introduction of elements of resource-saving and low-waste technologies.

Stage 2 (until 2150) - the period of production of gaseous fuels, stabilization of the volumes of coal mining at depletion of coking coal reserves. Intensive development of unconventional energy sources and new environmentally friendly technologies with their use.

Stage 3 (up to 2250) - depletion of fossil fuels, the transition to renewable energy sources with the creation of high-performance electrical gas and biogas technologies. Stabilization of the structure of metallurgical production.

At the first stage, priorities of protection, environmental protection, material and energy saving are strengthened. A characteristic feature of the development of metallurgy at the 1st stage is the recovery and recycling of current production and consumption wastes and the transition to the development of technogenic deposits on an industrial scale.

The second stage is transitional to unconventional energy sources, to new resource and energy saving technologies and industries.

It is assumed that coal will become the main fossil fuel and will be used by metallurgists in both solid and gasified states. Will receive the development of energy production from unconventional sources. Intensive development of bioenergy is predicted, based on the natural processes of biogas production that is competitive in all respects with natural gas. Ecological purity of this process is beyond doubt. At the same time, a forecast estimate of the efficiency of this energy carrier shows that for the “ore-rolling” process with an energy capacity of 0.5 tons of fuel equivalent per ton with the release of 1 million tons of rolled metal, it is necessary to obtain biogas from a plantation of algae with an area of 65 km² and an efficiency of solar energy 15%. For the same purpose, mining of coal with accompanying overburden from an area of 15 km² with significant environmental pollution would be required.

At the third stage, metallurgy moves to new renewable energy sources (97-99%), which will radically change technologies and create new production structures. The prevalence of electrometallurgy is predicted, the use of gaseous reducing agents, the processing of high-purity pre-prepared scrap metal as the main raw material for the production of metals and alloys, the use of technologies for the complex extraction of valuable components from poor ores, industrial deposits, and waste, including purification from polluting components. The use of solvent extraction, electrolytic methods, the use of ion exchange resins, biotechnology are considered promising.

The purposeful movement of metallurgy towards the creation of environmentally safe production is based on the implementation of the environmental control policy “today” and for the future. One of the most important instruments of preventive environmental regulation aimed at taking into account the environmental consequences of the planned activity, including the consequences of the implementation of technological solutions, is the environmental impact assessment (EIA). The implementation of the EIA procedure is objectively conditioned by the transition of the human community to the implementation of the concept of sustainable development. At the same time, the use of EIA is obligatory in case of a threat of the formation of negative environmental consequences of technogenic activity. Therefore, the scope of EIA for metallurgy, as an industry with a high potential environmental hazard, is unlimited and includes an assessment of strategic decisions related to the development of entire regions.

The EIA procedure is the main element for substantiating decisions made in all civilized and economically developed countries. In Kazakhstan, this procedure conflicts with environmental impact assessment, which continues to operate as a consequence of traditional decision-making methods in the planned "socialist" economy of the USSR. The ultimate goal of the EIA is to provide the decision-making world with a clear picture of the alternative opportunities studied.

The EIA procedure is carried out in several stages. The EIA process begins with a decision about its necessity.

Therefore, at the first stage, the applicant develops the concept of the planned activity for the proposed EIA facility, which is documented in the “Notice of Intent” document. With a positive result, the work of the second stage is underway. The final document of which is the "Statement on Environmental Impact".

The most important at this stage is to determine the most significant impacts. The simplest is the “list” method. Widespread matrix method of comparing alternative actions. If there is a difficult situation with the choice of significant impacts, the method of “ranking and weighing” is used, when the predicted impacts are first ranked and then weighted (the weight value is assigned, the importance is important).

At the third stage, the environmental, social, economic and other consequences associated with the implementation of the planned activities in a given territory and in a certain time period are identified. The consequences are identified through public hearings of the “Statement on Environmental Impact”.

The fourth stage is the adjustment of the project and other planned work. The final document “Statement on Environmental Consequences” is developed at the fifth stage of the EIA and contains motivated guarantees of the applicant, provided to the public to prevent negative environmental, economic, social and other consequences of the results of the project.

The implementation of the considered events is an urgent task of today for the metallurgy of Kazakhstan, based on traditional industries.

References:

1. Gelmanova Z.S., Osyk Y.I., Butrin A.G. Environmental management of metallurgical enterprises: Monograph. - Karagandy: Publisher KarSU, 2014. - 116p.
2. Informational and analytical review: production, economy, JSC “ArcelorMittal Temirtau” for 2015-2017.
3. Annual reports on the implementation of the environmental action plan of ArcelorMittal Temirtau for 2015-2017.

**ПЕРЕХОД К ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОМУ ПРОИЗВОДСТВУ
В МЕТАЛЛУРГИИ**

З.С. Гельманова; А.С. Екель; А.Е. Алдабаева

*Карагандинский государственный индустриальный университет,
г. Темиртау, 101400, Республика Казахстан, e-mail: zoyakgi@mail.ru*

Аннотация

В статье рассматривается создание экологически безопасных производств. Указано направленное движение металлургии к его созданию. Предложен инструмент превентивного экологического регулирования. Рассмотрена процедура применения оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС) для металлургии, как отрасли с высокой потенциальной экологической опасностью.

THE INFLUENCE OF RADIATION TO THE SURFACE OF MIXED NANO Al_2O_3+CuO CATALYST IN THE OXIDATION PROCESS

S.H. Hasanov, I.I. Mustafayev, H.M. Mahmudov

*Institute of Radiation Problems, Azerbaijan National Academy of Sciences,
Baku, AZ1143, Azerbaijan, e-mail: h_sadiq@mail.ru*

In this paper the kinetics of oxidation process of carbon-monoxide on the nano-catalyst surface has been investigated. The investigation was conducted in the different flow conditions and the temperature range of 70-350°C depends on the kinetics of conversion of carbon monoxide to carbon dioxide in the closed system. The continue of this oxidation/conversion process of carbon-monoxide was conducted under various temperatures and on the surface of catalysts ($RTAl_2O_3+CuO$) which has been modified by radiation. It's found out that depending on the absorption dose the amount of paramagnetic centers on surface have increased. Mass fraction of atomic oxygen that is emerged on the surface of mixed nano Al_2O_3 and Al_2O_3-CuO shows linear increase depends on absorption dose. The initial radiation in air environment is creates additional anion (O-) centers while the conversion process speed up as well as increase conversion degree. The catalysts that has been modified by surface radiation have higher activeness, and the conversion degree 7-10% higher. On average activation energy of process decrease and conversion happens faster.

Introduction. The rapid development of automobile transport brings comfort, speed of movement and improved living condition of people. Unfortunately, percentage of the environmental pollution has increased considerably due to the excessive number of cars, especially in urban areas emissions exceed the amount of pollution caused by stationary sources in Azerbaijan, nearly 80-90% of total emission volume. According to the 2017 official statistics reports 1,4 million vehicles were registered in Azerbaijan, while 1,12 millions of them are light passenger vehicles, 31,000 are buses, 141,000 trucks. The number of vehicles has increased in three times with the development of country by compare with the year of 2000. In addition, the volume of car emissions is 1 million tons per year by the official sources. According to the evaluated numbers, impact of air pollution to human health is about 174 million USA dollar per year, which is 3% of GDP in Azerbaijan [7]. Recent outcomes make it necessary to conduct scientific researches in order to prevent soaring emissions. A lot of catalysts have been tested by the researchers. Especially, in the recent years, catalyst was covered by platinum is used widely in catalytic-neutralization processes which have high prices and the resources are not very large[3].

In this research the nano-catalyst of Al_2O_3 and CuO was investigated and tested in the process for neutralizing harmful emissions. The kinetics of decrease of emissions have been researched in various flow rates and temperature ranges of 70-350°C at the surface of catalyst, which is constituted by Al_2O_3 and CuO nano-particles. Furthermore, conversion of CO to CO_2 on the mix- catalyst has been explored in the closed flow reactor. The results of researching will help to reduce exhaust gases while improving the air quality [5,8,11].

Methodology. The research work has been conducted in the quartz reactor installed in the cycle system ($d=10$ mm, $h=1$ m) where was controlled speed of air stream, the temperature of surface and change of concentration of carbon-monooxide in air mixture. The kinetics of conversion of carbon-monooxide to carbon-dioxide in different temperature have been investigated, while air & CO mixture (various ratios) passes through the surface of catalyst. The conversion of carbon monooxide to carbon dioxide on the stream of air

mixture were analyzed at "Gasochrome 3101" and "Agilent Technologies 7890A GC" devices at J&W 113-4332,260 C, 30 m x 320 μm x 0 μm column.

Air compressor is used to circulate the mixed air in the line, while the speed of gases passing through system is controlled by gas speedometer. The parameters of scheme are $H=10-15$ sm and $m = 8-10$ gr nano-powder installed in the quartz reactor, while the inlet and outlet are closed by means offiberglass. The temperature of catalyst is controlled by Al-Cr thermo-pair- installed on the surface of reactor. The reactor is covered by heat isolating material to keep the temperature stable. The ratio of $N(\text{CO})/N(\text{O}_2)=1\div 5\%$ is controlling in a proper conversion process. 5 liter flask is used to provide oxygen and $N(\text{CO}) = 10^{18}$ molec/m is added to that volume. At the end of cycle the reactor is cleaned, while the next phase is developed.

Discussion and results: As it can be see, on the fug. 1 that as temperature increases on catalyst surface, N/No ratio changes, whereas if it is 38% at 70° C, the conversion on the catalyst surface shows 42%. If the temperature is increased from 70°C to 200°C the conversion speed will increase 1.30-1.32 times, while the converted carbon monoxide percent varies between 50 and 55%.

As it is shown in the graphs, while the temperature increases on the surface of the catalyst, the conversion process accelerate and depends by creating the new O^- centers. As it is seen from the numerous experiments, the surface of the catalyst was repeatedly used in the oxygen environment by increasing the temperature ranges. As a result, new active centers were created on the surface of the catalyst [11,12,13].

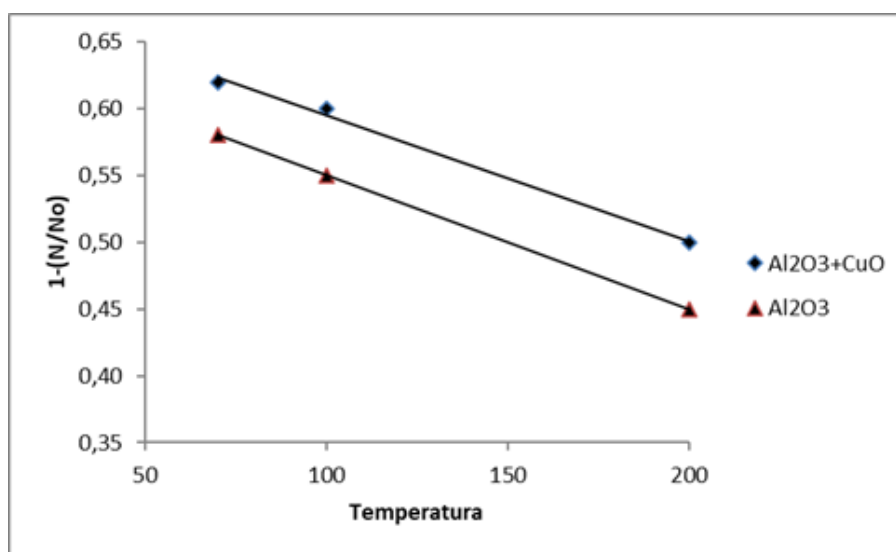


Fig. 1. The temperature dependence on conversion of carbon monoxide on the catalyst surface ($\tau=20$ min., $V=38$ l/min. ◇- $\text{Al}_2\text{O}_3+\text{CuO}$, △- Al_2O_3).

Initial radiation. The catalyst have been radiated at air condition, room temperature and with $P= 0.158$ Qr/s dose during $\tau=17$ hr. [12]. As a result of modification by the gamma radiation, activity on the surface of catalysts, alteration of density and morphologic nature of an active anion centers has been increased. The catalyst samples have been radiated in various absorption doses in order to analyze distribution of anion centers on the surface. As it is seen from the pictures, their size and element content of anion nano- center depending on absorption dose (fig. 2). It found out that depending on the absorption dose the amount of paramagnetic centers on surface have increased (fig. 2).

The dependence curve of mass fraction and atomic quantity of oxygen on the surface of catalyst in various absorption doses. The dependence graphs is shown in graph (fig. 3).

As it can be seen from the graph-2, atomic mass fraction of oxygen has shown steady and lineally increase in a $D=0\div 20$ kGy dose interval.

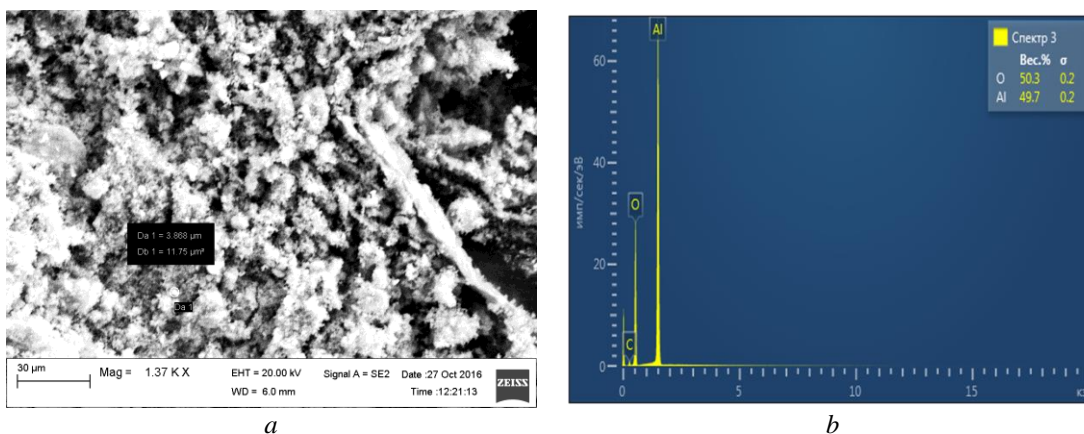


Fig. 2. Surface view (a) and element content spectra (b) of nano-catalyst mixture which exposed initial surface modification by radiation in air condition.

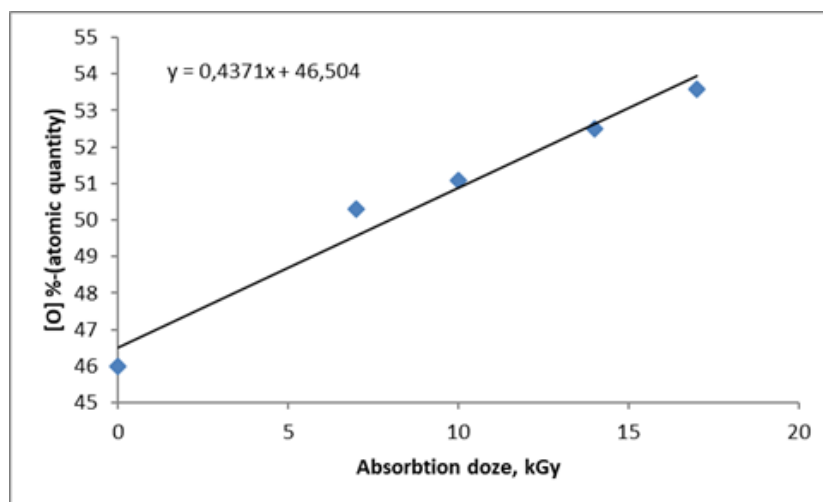


Fig. 3. Dependency of the mass fraction and atomic quantity of [O] % by absorption dose on the surface of nano-catalyst of Al_2O_3 and CuO .

Experimental dependences of the conducted research (fig. 2 and 3) shows that oxidation/ conversion degree of carbon monoxide on the surface of nano- catalysts ($\text{TAl}_2\text{O}_3+\text{CuO}$ and $\text{RTAl}_2\text{O}_3+\text{CuO}$) has been investigated on three types of catalyst surface in different temperatures. Firstly, thermally modified pure nano Al_2O_3 catalyst, secondly, thermally modified mixed nano- $\text{Al}_2\text{O}_3+\text{CuO}$ and finally mixed $\text{Al}_2\text{O}_3+\text{CuO}$ catalyst which has modified by γ -radiation. For all three cases the dependence curves has been displayed in the graph (fig. 4).

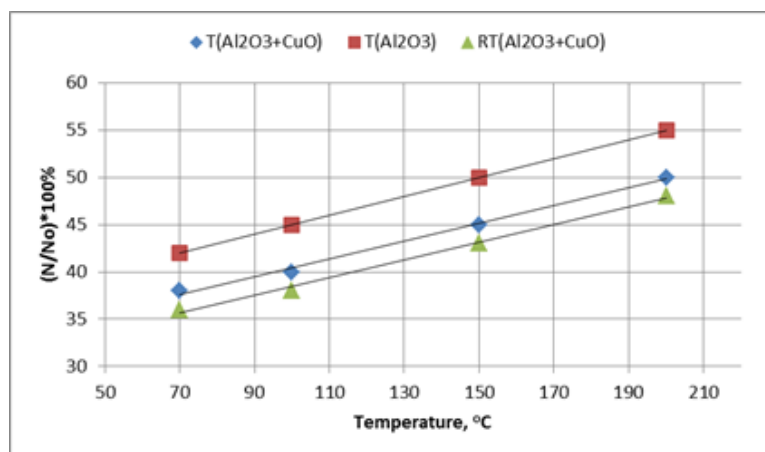


Fig. 4. Comparative curves of oxidation/conversion $((N/N_0) \cdot 100\%)$ of carbon monoxide on the surface of nano catalyst by the dependence on temperature

Results:

• The kinetics of depending on conversion of carbon-monoxide to carbon-dioxide of the mixture of air and carbon-monoxide on the surface of nano-particles of $\text{Al}_2\text{O}_3+\text{CuO}$ catalyst in different flows and temperature range from 70 to 200°C degrees was investigated. It was determined that at all temperature ranges, conversion level reaches 90%.

• As a result of investigation, the conversion speed increased by 1.30-1.32 times, if the temperature varies between 70-200°C in the reactor. Meanwhile, the volume of conversion of CO increases by 12-14%.

• The kinetics depending on conversion CO to CO_2 of mixture of air and gas on the surface of catalyst of nano-particles in different speed flows and under temperature on 300°C was investigated. It was determined that the conversion process of carbon-monoxide to carbon-dioxide is taking place more rapidly in low flow rates. Thus, at the flow rate of 38 l/ min during 15 min, the conversion process is $(N/N_0) \times 100\% = 50\%$, whereas, the conversion process increases to $(N/N_0) \times 100\% = 87\%$ in the same period of time by reduction of flow speed to $V=20$ l/min, .

• The results of this investigation show that the mass fraction of atomic oxygen that is emerged on the surface of mixed nano Al_2O_3 and $\text{Al}_2\text{O}_3-\text{CuO}$ shows linear increase depending on absorption dose. In an air environment the initial radiation creates additional anion centers and the speed of conversion process up as well as increase conversion degree. The catalysts that has been modified by surface radiation have higher activeness and the conversion degree 7-10% higher in comparison. The average activation energy of process decrease and conversion happens faster.

References:

1. <http://www.findpatent.ru/patent/245/2454276.html>). К.И. Алексеевна (RU) Т.О. Тарасовна (RU) “Катализатор окисления угарного газа”.
2. Patent Sarojini Deevi, Sohini Paldey, US 20050065023 A1, nanocomposite copper-ceria catalysts for low temperature or near-ambient temperature catalysis and methods for making such catalysts-2005.
3. Patent USA US6093670 A 2000 WO2000033955A1 Scott H. Brown Carbon monoxide oxidation catalyst and process therefor on the platinum content.-2000.
4. Bera, P., Aruna, S. T., Patil, K. C. and Hegde, M. S., *Journal of Catalysis*, 186: pp. 36-44 (1999).
5. Bunluesin, T., Cordatos, H. and Gorte, R. J., *Journal of Catalysis*, 157: pp. 222 (1995); Nano composite copper-ceria catalysts for low temperature or near-ambient temperature catalysis and methods for making such catalysts.
6. Mahmudov H.M., Ismayilova M.K., and oth. Influence of nano Al_2O_3 -catalyst sizes on hydrogen formation at the water radiolysis under ionizing radiation//Radiation Effects & Defects in Solids, 2016, Vol. 171, Issue 7-8, pp. 630–635.
7. The State Statistical Committee. www.stat.gov.az
8. Hasanov S.H., Mahmudov H.M., Mustafayev I.I. “The kinetics of conversion of carbon monoxide to carbon dioxide on the surface of mixed nano-catalyst in the closed system” International Journal of Scientific & Engineering Research, Volume 8, Issue 3, March-2017 1389 ISSN 2229-5518.
9. Mahmudov H.M., Ismayilova M.K., Hasanov S.H. IJSER, “Formation of nanostructured materials using waste engine oil” Publication for Volume 8, Issue 4, April 2017. ISSN 2229-5518.
10. Mahmudov H.M., Ismayilova M.K., Hasanova S.A., Aliyev S.M., /Influence of nano Al_2O_3 -catalyst sizes on hydrogen formation at the water radiolysis under ionizing radiation / Journal of Radiation Effects & Defects in Solids, 2016, Vol. 171, Issue 7-8, pp. 630–635.

11. Hasanov S.H., Mustafayev I.I., Mahmudov H.M., “Investigation of conversion of carbon monoxide to carbon dioxide on the surface of mixed nano-catalyst in initial trimmed of modification of radiation” IJSER, Publication for Volume 9, Issue 2, February 2018. ISSN 2229-5518.
12. Миначев Х.М., Тагиев Д.Б., Антошин Г. В. «Каталитическое свойство Цеолитов в реакции окисления.» Успехи химии, 50:11(1991) стр. 1929-1959.
13. Van Spronsen Matthijs A. Joost W. M. Frenken & Irene M. N. Groot “Observing the oxidation of platinum”. waPublished online: 05 September 2017. Nature Communications volume 8, Article number: 429 (2017)

ВЛИЯНИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ ОКИСЛЕНИЯ НА ПОВЕРХНОСТИ СМЕШАННОГО $Al_2O_3 + CuO$ НАНО КАТАЛИЗАТОРА

**Гасанов Садиг Гусейн оглы, Мустафаев Ислам Исрафил оглы,
Махмудов Окман Моваджат оглы**

*Институт радиационных проблем Национальной академии наук Азербайджана,
г. Баку, AZ1143, Азербайджанская Республика*

Аннотация

В данной работе была исследована кинетика процесса окисления оксида углерода на поверхности смещенного нано-катализатора - $Al_2O_3 + CuO$. Исследование проводилось в различных условиях потока и в температурном интервале от 70 до 350 °С, который соответствует температурам выхлопных газов автомобильного транспорта. Кинетика зависимости по превращению оксида углерода в диоксид углерода проводилась в замкнутой системе на лабораторном стенде. Продолжение процесса окисления/конверсии оксида углерода при различных температурах проводилось на поверхности с тем же нано-катализатором, который был модифицирован первичным излучением.

Установлено, что число парамагнитных центров на поверхности увеличилось. Массовая доля атомарного кислорода на поверхности нано-катализатора, демонстрирует линейное увеличение по зависимости от поглощающей дозы. Основные результаты: излучение показывает, что на поверхности нано-катализатора создаются дополнительные анионные (O-) центры, которые повышают степень конверсии. Катализаторы, которые модифицированы поверхностным излучением, обладают более высокой активностью окисления, а степень конверсии выше по сравнению с не модифицированным катализатором на 7-10%. В среднем энергия активации понижается, процесс и конверсия повышается.

УДК 614.8+621.0

**COOPERATION BETWEEN THE EUROPEAN BANK FOR RECONSTRUCTION
AND DEVELOPMENT AND THE INSTITUTE OF NUCLEAR PHYSICS
OF ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF UZBEKISTAN
ON REMEDIATION OF THE FORMER URANIUM MINES
YANGIABAD AND CHARKESAR**

B.K. Kuldjanov¹; E. Harlander²; I.I. Sadikov¹; B.S. Yuldashev¹

¹*Institute of Nuclear Physics, Tashkent 100214, Republic of Uzbekistan,
e-mail: kuldjanov@inp.uz*

²*European Bank for Reconstruction and Development, London EC2A 2JN,
United Kingdom, e-mail: harlande@ebrd.com*

Preliminary activity. The Fergana Valley, with main river the Syr Darya, is 22,000 km² of fertile agricultural land where crops, vegetables, fruits and cotton are grown. There also located former uranium mining and processing facilities with highly toxic chemical and radioactive wastes which threaten the environment and human health. Without remediation, these objects will remain a source of increased danger of contamination by radioactive and toxic substances for future generations of the local population and fauna. The rivers will inevitably be contaminated if recovery measures are not carried out at uranium mining sites. It is only a matter of time.

After the Central Asian republics have declared their independence, the mining and production of uranium in Tajikistan and Kyrgyzstan have been stopped, while the production of uranium in Uzbekistan and Kazakhstan continues. Previously, due to the low price of uranium in the world market, the wide mining of uranium at the ordinary mines could be carried out only during some limited time. Most of the ordinary mines and processing plants in the Central Asian republics had to be shut down by 1995. The decommissioning and closing of the uranium mines were carried out without significant engineering or regulatory practice and sufficient financing. Moreover, some of the facilities were simply abandoned. A lack of qualified specialists and experience in this area was the common problem for all republics after declaration of their independence.

The international community is creating partnerships to successfully address the challenges of environmental rehabilitation in Central Asia. As an instance, starting from 2013 the European Commission has been funding a series of projects on environmental impact assessment and feasibility study for the management and remediation of former uranium legacy sites in Central Asia. As part of these studies preferred remediation options have been identified, cost estimates have been provided and design documentation has been developed that will serve as a basis for tendering the proposed remediation work. To date, the projects have been completed for six legacy sites: Charkesar and Yangiabad in Uzbekistan; Min-Kush and Shekaftar in Kyrgyzstan; Istiklol and Degmay in Tajikistan. One more project is to be completed. Thereby seven uranium legacy sites are covered:

Republic of Uzbekistan:	Republic of Kyrgyzstan:	Republic of Tajikistan:
- Charkesar	- Min-Kush	- Degmay
- Yangiabad	- Shekaftar	- Istiklol
	- Mailu-Suu	

These seven sites were determined by the Strategic Master Plan (SMP) for environmental remediation of uranium legacy sites in Central Asia. SMP has been prepared under aegis of the International Atomic Energy Agency (IAEA) by the Coordination Group for Uranium Legacy Sites (CGULS). The SMP covers physical remediation projects and

measures for capacity building and regional cooperation which are indispensable for a safe and sustainable remediation of the legacy sites.

Following an initiative of the European Commission the Environmental Remediation Account for Central Asia (ERA) was established in 2015 by the European Bank for Reconstruction and Development (EBRD). The aim of the Fund is to pool donor contributions to assist the three Central Asian republics to remediate seven priority sites. ERA currently holds sufficient funds to remediate both sites in Uzbekistan (Charkesar and Yangiabad) and two sites in the Kyrgyzstan (Min-Kush and Shekaftar). Among the seven sites, these four sites are smaller and less complex and are ideally suited to serve as pilot projects within the ERA program.

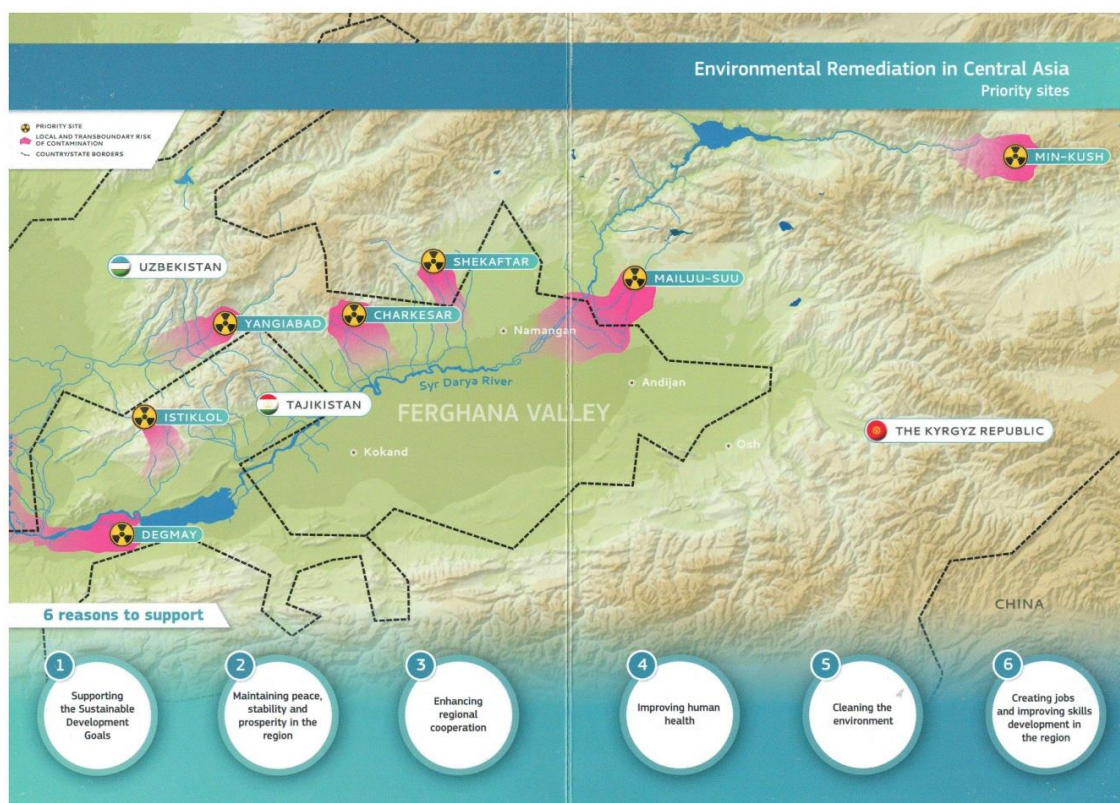


Fig. 1. The location of seven priority sites in Central Asia.

To date, three countries have signed Framework Agreements with EBRD setting out the conditions for project implementation. The Agreements include tax exemption for grand funds, applicability of the EBRD’s Procurement Policies and Rules and transparency in project implementation and financial management oversight at the local project level will be provided for.

The Presidential Decree No.P-5269 of 08/05/2016 “On measures to implement the Framework Agreement between the Republic of Uzbekistan and the European Bank for Reconstruction and Development on conducting operations on the Environmental Rehabilitation Account for Central Asia in the Republic of Uzbekistan” was issued after the signing of the Framework Agreement in Uzbekistan, According to the Agreement, the Institute of Nuclear Physics of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan was appointed the grantee of the project to rehabilitate mines in Charkesar and Yangiabad.

The Institute of Nuclear Physics. The Institute of Nuclear Physics (INP) of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan was founded in 1956 and is one of the largest scientific researches Institution in the Central Asian region. The Institute is located on the territory of 314 hectares, and currently its staff is about 500 employees. INP is one of the few scientific centers with 7 unique Nuclear facilities including a 10 MW Nuclear Research reactor (1959), U-150 cyclotron (1964), accelerating protons up to 20 MeV, an

electron beam accelerator with capacity of up to 8 MeV, a neutron generator with a flux of 1.10^{10} neutrons $\text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$, the Co-60 gamma facility compactly located and operate in one territory. Institutional structure consists of number of research laboratories, Radio-analytical Center, eight science services and three subsidiary enterprises as to: State owned Enterprise "Radiopreparat", State Unitary Enterprise "The Republican Radioactive Waste Disposal" (RPZRO) and "Design engineering department with pilot plant". The main areas of Institute's research are nuclear physics, solid-state radiation physics and materials science, nuclear analytics, radiochemistry, and scientific instrumentation.

In addition to scientific research, the Institute carries out a wide range of works on provision of various products and services. INP produces more than 50 titles of industrial and medical radioisotope products, develops, manufactures and supplies various radionuclide measuring devices for industry, conducts radiation treatment and sterilization of microelectronic and medical products, develops technology and implements radiation staining of gem stones, conducts certification of food and construction products for radiation safety, performs radiation monitoring of building lands, renders an analytical services, carries out nuclear forensics of nuclear and radioactive materials etc.

INP also has a big experience of international cooperation. In the last 15 years, INP has participated in the implementation of more than 50 international projects of STCU, INTAS, CRDF, CNCP, NATO, IAEA, etc., including "Navruz" and "Navruz 2" projects on monitoring the radiation situation across Amu Darya and Syr Darya trans-border rivers (a regional project involving 5 countries), implementation the IAEA project on the decommission of the "Foton" nuclear reactor in Tashkent city. As a lead contractor INP also organizes other work involving several ministries and departments, such as Ministry of Emergency Situations, Ministry of Internal Affairs, Ministry of Health, State Committee for Industrial Safety, State Committee for Geology, State Committee for Ecology, construction organizations, etc.

The European Commission grant UZ4.01/10 "Conducting an integrated environmental impact assessment and feasibility study for the management and remediation of damaged ecological system of Uranium production legacy sites of Charkesar and Yangiabad" on estimation of works capacity for rehabilitation of former uranium mines was carried out in 2013-2015. The Grantee of this project was a German-Sweden Consortium involved INP as the main contractor from Uzbekistan. The choice of INP was done due to the fact that the Institute is the only Uzbek institution with qualified scientific and engineering personnel competent in handling of nuclear and radioactive materials, special alpha, beta, gamma and XRF spectrometers, ICP MS, mobile laboratory equipped with gamma, XRF spectrometers and gas chromatograph, radiochemical and auxiliary equipment and developed methodologies.

According to the Project Terms of Reference, integrated assessment required the mobilization of the institutions which are very different by type of activity. At the same time, the INP organized all project works of both, Uzbek organizations (including State Committee for Geology, State Committee for Nature Protection, Hydro- and Meteorological Center, the State Committee for Geodesy and Cartography, Institute of Archeology, Center for Sociology, Institute of Saving of the Geno-fund of Flora and Fauna of Uzbekistan, projecting construction institutions etc.) and Consortium's specialists on the territory of the Republic. INP also performed all analyzes of soil and water samples, conducted monthly water monitoring in Yangiabad and Charkesar. According to Consortium's experts opinion the management and implementation of this project by INP specialists was executed at a high level.

The number of remediation measures on two uranium legacy sites has been planned as the result of completion of this Project:

Charkesar. Closure of 2 shafts, 1 adit and 5 sinkholes; the demolition of abandoned buildings, with the debris to be used to fill sinkholes; and the removal and clean-up of

small heaps of leached ore found along roadsides. The estimated cost is €0.6 million, and the remediation would take about one to two years to complete.

Yangiabad. The Yangiabad site incorporates a number of separate mines (Alatanga, Razveduchastok, Kattasay, Dzhekindek, Rudny Dvor) as well as central dumps for waste rock and low grade ore. The preferred option for this remediation project entails the closure of 4 shafts, 23 adits and 8 sinkholes; the demolition of contaminated buildings and/or processing facilities that have been abandoned, with debris transferred to central waste dumps or a storage cell; discharge channels for surface water at 5 locations; river bank protection at 4 locations; the relocation of several waste rock dumps at Kattasay to a central dump that would be covered; a storage cell for contaminated material (e.g. metal), in particular from demolition of buildings and/or facilities at Rudny Dvor. The estimated costs amount to €6.3 million, and remediation (together with remediation at Charkesar) would take about three years to complete. Almost half of these costs are associated with remediation at Kattasay, in particular the relocation of several waste rock dumps to a central, covered dump.

Implementation of remediation projects. The EBRD's model for project implementation centers on a Project Management Unit (PMU) established by the recipient organization. The PMU is tasked with the technical, procurement, contractual and administrative aspects of the project and has a management, coordination and monitoring role. The PMU is staffed with suitably qualified specialists of the recipient organization (PMU-INP) as well as consultants (PMU-Consultant) complementing the skill set of recipient organization's specialists as required, and forming an integrated project management team. The PMU-Consultant will be financed by ERA and a Grant Agreement between the Bank and the recipient organization will be concluded to cover these costs. Referring to the Framework Agreement, EBRD is refused financing of PMU-INP. Thereby INP has prepared a breakdown of costs for PMU-INP, submitted one to the Government of the Republic and decision is expected. To date, there is an opinion to change the grantee in Uzbekistan.

Procurement of the PMU-Consultant and establishing of PMU-INP. In recognition of the shared characteristics of the uranium legacy in Central Asia the EBRD is committed to achieve the most effective and efficient use of the resources of ERA across the activities funded by it. With this in mind the EBRD has assisted INP in implementing a joint procurement process together with Kyrgyz recipient organization (Tailings management Agency – TMA) for the PMU-Consultant. This reduces the time required to set-up PMUs in both countries by at least 6 months and enables an earlier start of the remediation works.

The objective of the joint procurement process is to select one consultancy company who will supply PMU-C services to both PMUs in the Kyrgyz Republic and Uzbekistan. The remediation projects in both countries are very similar in nature and will require a similar PMU-C scope and deliverables. Consequently there is significant potential to leverage synergies and maximize efficiencies in particular in conjunction with a phased approach to the establishment of the PMUs in both countries.

Despite the non-standard nature of this procurement process, excellent progress has been made and a Consultancy company has been selected.

INP, as concluded in the capacity assessment, does not has to fill all required PMU-INP positions with their own staff and will need to recruit additional staff once the budget for PMU-INP has been made available by the Uzbek government. This is expected to happen in the next few months.

Outlook for the next 12 months. The EBRD will focus on the following activities:

- Full mobilization of Project Management Units in the Kyrgyz Republic and Republic of Uzbekistan;
- Concluding Grant Agreements to finance the PMU Consultant and the remediation works with the Kyrgyz Republic and Republic of Uzbekistan;

- Tender for remediation works for Min-Kush and Shekaftar (Kyrgyz Republic) and Charkesar and Yangiabad (Republic of Uzbekistan)
- Start of remediation works in the Kyrgyz Republic
- Continued support of awareness and fundraising efforts.

In the article the materials of Environmental Remediation Account Progress Report ERA-18/03, 3 December 2018 have been used.

**СОТРУДНИЧЕСТВО МЕЖДУ ЕВРОПЕЙСКИМ БАНКОМ
РЕКОНСТРУКЦИИ И РАЗВИТИЯ И ИНСТИТУТОМ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ
АКАДЕМИИ НАУК РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН ПО РЕМЕДИАЦИИ
БЫВШИХ УРАНОВЫХ РУДНИКОВ ЯНГИАБАД И ЧАРКЕСАР
Б.К. Кульджанов¹; Е. Харландер²; И.И. Садыков¹; Б.С. Юлдашев¹**

¹*Институт ядерной физики АН РУз, 100214 Ташкент, Республика Узбекистан
e-mail: kuldjanov@inp.uz*

²*Европейский банк реконструкции и развития, Лондон EC2A 2JN,
Великобритания; e-mail: harlande@ebrd.com*

Аннотация

Проблемы загрязнения окружающей среды радиоактивными и токсичными веществами на местах наследия урановой промышленности в Центральной Азии препятствуют устойчивому развитию этих территорий и усиливают опасность для будущих поколений местного населения. Международное сообщество помогает преодолеть эти проблемы путем предоставления технического и финансового содействия. Кратко изложены результаты проекта Европейской Комиссии с вовлечением института ядерной физики АН РУз по комплексной оценке воздействия на окружающую среду и исследованию осуществимости ремедиации нарушенной экологической системы бывших урановых рудников в Чаркесаре и Яниабаде. Разработанные в проекте оценки затрат и проектная документация послужат основой для проведения тендера ЕБРР по будущей ремедиации. В этой связи, описаны мероприятия, предпринятые ЕБРР и ИЯФ АН РУз в данном направлении на настоящее время.

PROJECT OF THE SOFTWARE FOR 'GUR-120' IRRADIATION FACILITY

A.N. Pavlov, E.N. Denisova, A.S. Snegiryov, G.V. Kozmin, Yu.A. Kurachenko
Russian Institute of Radiology and Agroecology, Obninsk, Russia,
e-mail: 49434@mail.ru

The 'GUR-120' Gamma-Facility is designed to study the effects of acute and chronic exposure with variable dose rates on agricultural products (fig.1). The 'GUR-120' consists of eight irradiator units. Installation type: stationary, research, with a dry protection mode. Ionizing radiation sources' characteristics: Co⁶⁰ radionuclide with total (passport) activity $4.47 \cdot 10^{15}$ Bq. The installation is in operation since the mid-seventies of the last century.

It was found that the efficiency of gamma irradiation was 80–100% and depended on:

- the initial levels of product pollution and taxonomic composition of microorganisms included in the groups of E.coli;
- mesophilic aerobic and facultative anaerobic microorganisms;
- fungi and yeast;
- the bactericidal and antioxidant properties of the plant products environment;
- dosimetric values (dose rate, absorbed dose).



Fig. 1. GUR-120

The work objective was to determine the optimal radiobiological indicators of the experimental production process of radiation treatment, providing microbiological safety and increase the shelf life of plant products.

At the present stage of agro-industrial production, the developed radiation technologies (RT) are increasingly used, which are applied to ensure microbiological and phytosanitary safety of agricultural raw materials and finished products, increase their storage time, stimulation of agricultural crops seed germination.

The main problem in the radiation treatment is to ensure a uniform dose field in different types and volumes of plant and animal origin products.

Increasing the manufacturing of agro-industrial products and improving their quality is one of the most important tasks of ensuring food security, which is impossible without the introduction of technologies that ensure the growth of production, reducing losses during its storage and processing.

In order to solve the problem at the present stage of the world economy development, there is growing interest in the use of breakthrough radiation technologies (RT).

The RT development is impossible without answering questions related to the optimization methodology of radiation technological processes based on the study of radiation treatment efficiency indicators, namely, the initial microbiological parameters, dosimetric characteristics of ionizing radiation (dose, dose rate, the absorbed dose distribution in the irradiated product etc) and the properties of the product biological environment.

The MCNP5 code [2] is used as the main software tool in conjunction with the multigroup photon data library [3]. Currently, in calculations the factors allowing to simplify the structure and content of the database under construction are established.

The General research methodology was as follows:

- to obtain the distribution of γ -radiation absorbed doses in agricultural products with different density using engineering calculation techniques and experimental data;
- to optimize the radiation treatment modes for different volumes of agricultural products, ensuring its uniform irradiation;
- to study the radiosensitivity of microorganisms' controlled groups present in spices, dried herbs, dried and fresh vegetables;
- to evaluate the radiation sterilization effectiveness of raw and finished products;
- to develop and conduct approbation of technological regulations for plant products radiation sterilization.

Application of different dosimetry techniques (ionization, thermoluminescent and chemical) allowed obtaining new data on the basic «dose-effect» dependences for microorganisms, fungi and yeasting under irradiation with dose rates in the range (0.3÷1.2) kGy/h and doses (0.030÷10) kGy (fig.2). Ionizing radiation detectors were placed on the surface and in the volume of objects subjected to radiation treatment.

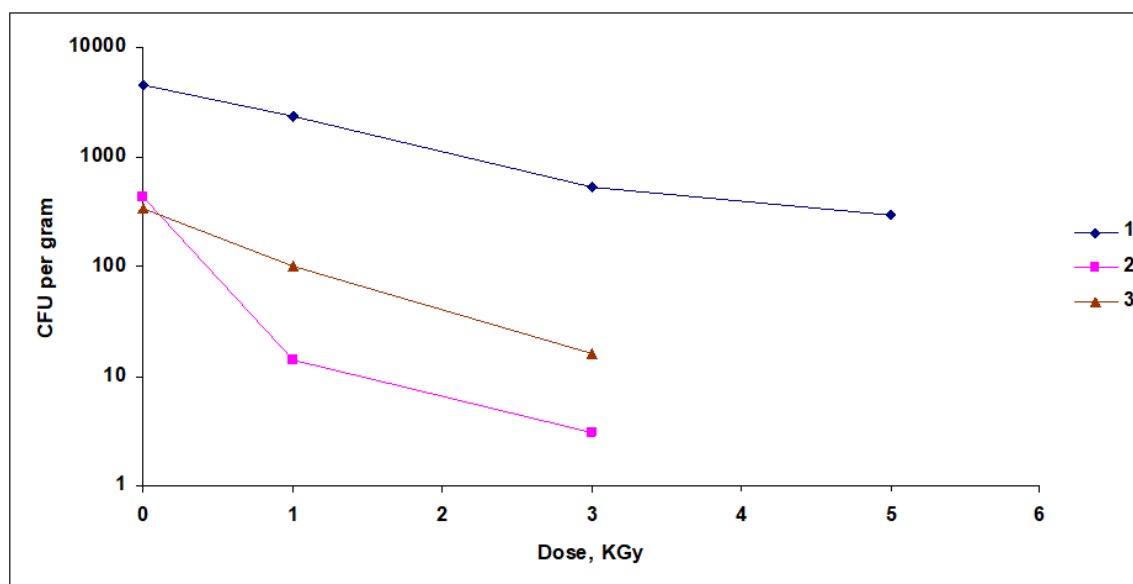


Fig. 2. Effects of gamma-irradiation of spices on mold fungi:
1 - black pepper; 2 - nutmeg; 3 - garlic powder.

Coliform bacteria (*E. coli* group bacteria) were eliminated completely, while a number of surviving spore-forming bacteria and fungi remained largely in compliance with the standards.

At the same time, the microbiological parameters of the products are improved by an order of magnitude in two weeks after radiation treatment and are characterized by reduced metabolic and growth activity of microorganisms included in the groups of *E. coli*, mesophilic aerobic and facultatively anaerobic, fungi and yeast.

The developed modes of irradiation are the basis of technological regulations for the use of γ -units with the absorbed dose rate in the range of (0.3 – 1.2) kGy/h. Experimental-production testing the technological regulations of plant products sterilization in factory packaging at the GUR-120 facility was carried out.

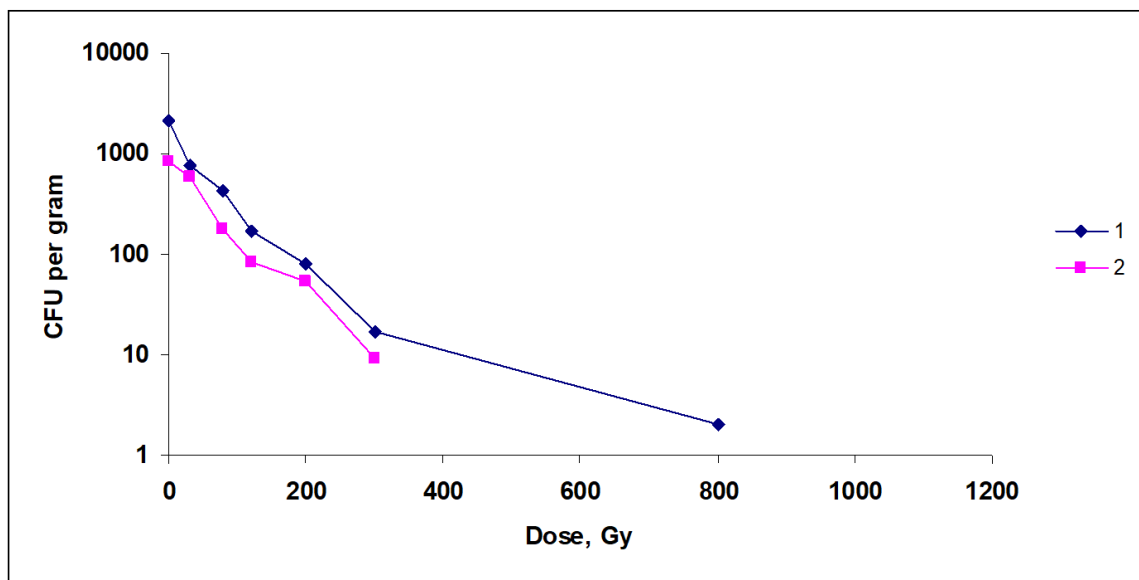


Fig. 3. Effects of spice gamma-irradiation on *Escherichia coli* population:
1 - ground coriander; 2 - onion powder.

The obtained results allow us to conclude:

–the developed technology of processing an agricultural plant raw materials irradiating by isotopic sources with small (compared to industrial installations) dose rates, was optimal;

–but with high initial contamination of products due to incomplete microorganisms' destruction, the accepted quality standards can not be achieved and it is necessary to increase the radiation dose.

Currently, the task of designing interactive software (GURSOFT) is formulated, which allows on-line mode to obtain precise values of the dose field characteristics in the irradiated object.

At the GURSOFT work, it is not expected to perform radiation transport calculations with application of powerful and time-consuming software tools.

All information necessary for the dose modeling in irradiated objects is formed in the databases as a result of advance preparation by precise calculations [4].

In this case, the installation operator in the interactive dialogue receives the answer "instantly" by interpolation on the databases.

The use of the GURSOFT is expected in three main modes:

–dose calculation in a given points' set in the volume of the irradiated object at a given geometry "radiation source – the irradiated object" (direct problem mode)

–estimation of the radiation source characteristics and irradiation geometry ensuring the achievement of optimal dose/dose rate in preset points (inverse problem mode)

–irradiation scenario optimization, including simulation of mechanical displacement of individual product blocks during irradiation (irradiation mode)

Software manufacturing sequence:

- program description of the irradiation object (geometry, chemical composition, package sizes, etc.);
- designing the databases (DB);
- selection and justification of calculation methods and data libraries;
- calculations for DB;
- development of logic and algorithms of GURSOFT in three modes;
- GURSOFT programming;
- GURSOFT debugging and testing;
- GURSOFT verification based on available empirical data.

References

1. Kozmin G.V., Geraskin S.A., Sanzharova N.I. Radiation technologies in agriculture and food industry. Obninsk, RIRAE, 400 p. (2015)
2. Authors: X-5 Monte Carlo Team. MCNP – A General Monte Carlo N-Particle Transport Code. Version 5, Volume I: Overview and Theory. LA-UR-03-1987, 484 p. (2003).
3. Calculated photon KERMA factors based on the LLNL EGDL (Evaluated Gamma-Ray Data Library) data file [electronic resource] <https://searchworks.stanford.edu/view/11154547>
4. Kurachenko Yu.A., Levchenko A.V., Zabaryansky Yu.G., et. al. Beta software for radionuclide vertebroplasty, Medicinskaya fizika, №1, pp. 51-57, (2017)

ПРОЕКТ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОБЛУЧАТЕЛЬСКОЙ УСТАНОВКИ ГУР-12

А.Н. Павлов, Э.Н. Денисова, А.С. Снегирев, Ю.А. Кураченко, Г.В. Козьмин
*ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и
агроэкологии, Обнинск, Россия, e-mail: 49434@mail.ru*

Аннотация

На современном этапе агропромышленного производства все шире используются разработанные радиационные технологии (РТ), которые применяются для обеспечения микробиологической и фитосанитарной безопасности сельскохозяйственного сырья и готовой продукции, увеличения сроков их хранения, стимулирования прорастания семян сельскохозяйственных культур. Целью работы являлось определение оптимальных радиобиологических показателей экспериментально-производственного процесса радиационной обработки, обеспечивающих микробиологическую безопасность и увеличение срока годности растительной продукции.

УДК 665.6

ЭНЕРГОРЕСУРСОЭФФЕКТИВНАЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ СВЧ-ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТЕШЛАМОВЫХ ОТХОДОВ

**Р.Г. Абдеев¹; Р.И. Сайтов¹; М.В. Швецов²; А.А. Рукомойников¹;
К.В. Сосновский³**

¹*Башкирский государственный университет, г. Уфа, 450014, Россия,
e-mail: arg@bgutmo.ru*

²*ПАО «Татнефть» им. В.Д. Шашина Бугульминский механический завод,
г. Бугульма, 423230, e-mail: alex@bgutmo.ru*

³*ООО "Техносервис"*

Осуществление геологоразведочных работ, а также разного рода процессов, связанных с добычей, переработкой и транспортировкой нефти и газа в условиях Крайнего Севера требует разработки и внедрения инновационных, энергоресурсосберегающих технологий в указанной области, учитывающих специфику данных территорий [1,2].

В настоящее время для разогрева нефтешламов в шламонакопителях нефтешламовых установок (НШУ) используются такие термические методы, как разогрев высокотемпературным маслом или паром, которые характеризуются низким КПД – 40...50 %.

Разработка технологии низкотемпературной обработки с использованием электромагнитных волн СВЧ-диапазона позволяет повысить энергоэффективность по сравнению с вышеперечисленными способами. При определенных параметрах СВЧ-обработки разделение фаз водонефтяных (ВНЭ) и нефтеводяных (НВЭ) эмульсий осуществляется путем превращения электромагнитной энергии в кинетическую энергию связанных молекул в объеме объекта, исключаются трудоемкие промежуточные подготовительные работы, связанные с разогревом промежуточного теплоносителя и его подводом непосредственно к шламонакопителю.

Однако, поисковые эксперименты по СВЧ-обработке нефтешламов, проведенные нами с использованием наиболее распространенных щелевых, штыревых и рупорных излучателей, показали, что в условиях, приближенных к реальным они не обеспечивают однородное электромагнитное поле по всему объему обрабатываемого материала. Существуют принципиально новые виды антенно-фидерных устройств, для исследования которых необходимы новые диэлектрические материалы, имеющие существенно малые диэлектрические потери и металлические материалы, имеющие высокую прочность и малый удельный вес.

Экспериментальные работы проводились на установке мощностью 1 кВт (рис.1) [3]. Объем нефтешлама 0,1 м³, состав: вода – 2,9 %, механических примесей – 0,45 %, углеводородов – 96,65 %.

В процессе экспериментов фиксировалось изменение температуры нефтешлама в зависимости от времени обработки. Усредненное значение температуры нефтешлама вычислялось по показаниям четырех датчиков температуры, равномерно расположенных друг от друга по высоте емкости.

Для каждого опыта определялись: поглощенная нефтешламом энергия по уравнению теплового баланса, потребляемая генератором энергия (по времени нагрева и мощности генератора) и КПД установки.

Результаты экспериментальных исследований по разогреву нефтешлама с различными типами излучателей показали, что даже в таком небольшом объеме температурное поле распределено существенно неоднородно.

Для выяснения неоднородности температурного поля в больших объемах были проведены исследования на опытной установке (рис.2).

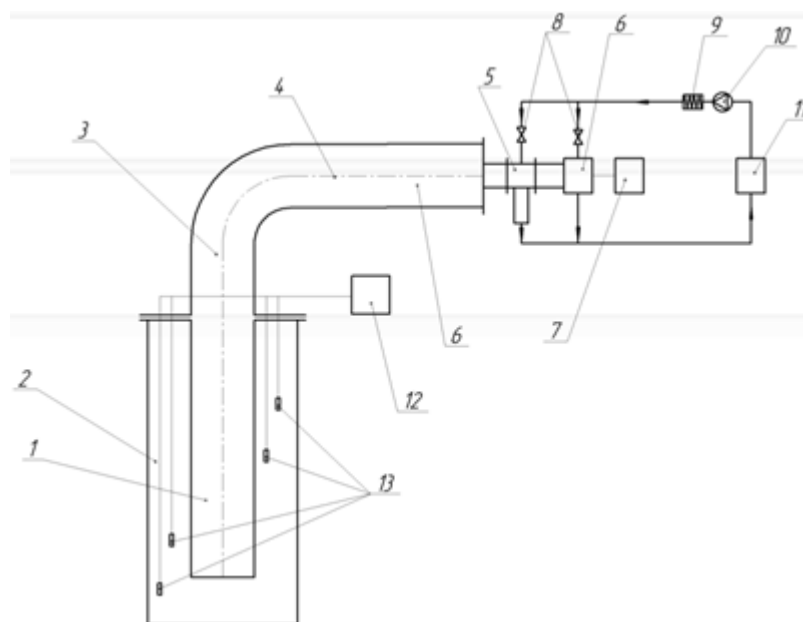


Рис. 1. Схема СВЧ-установки:

1 – антенна; 2 – емкость; 3 – отвод; 4 – переходник; 5 – ферритовый вентиль; 6 – СВЧ-генератор; 7 – блок питания генератора; 8 – ферритовый вентиль; 9 – охладитель; 10 – насос; 11 – емкость водяного охлаждения; 12 – блок измерения температуры; 13 – термодатчики

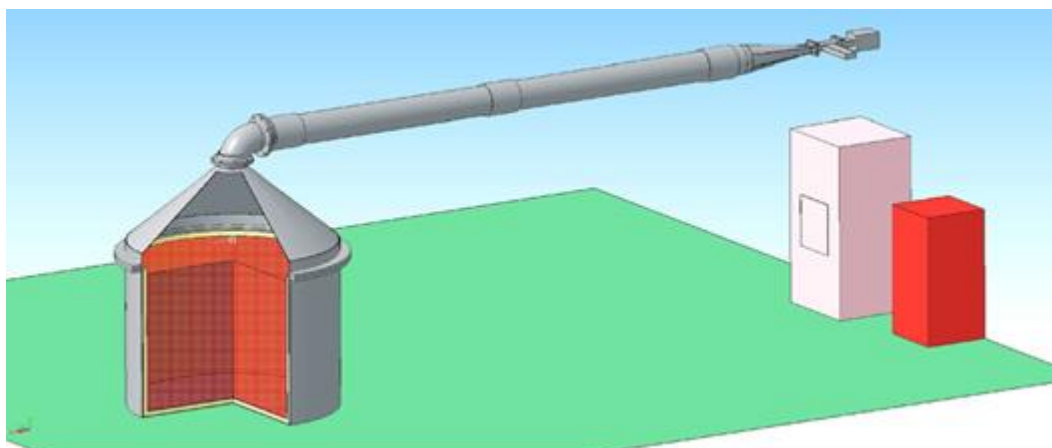


Рис. 2. Опытная установка по разогреву нефтешламов на модели шламонакопителя

В качестве излучателя использовались аналогичные антенны, для контроля температуры нефтешлама в непрерывном режиме по времени на различных уровнях установлены датчики температуры.

Средняя температура каждого уровня выводилась из показаний 12 датчиков, равномерно распределенных по сечению емкости.

Модель шламонакопителя – цилиндрическая емкость объемом 2,3 м³, на дно и внутреннюю поверхность которой нанесено бетонное покрытие толщиной 0,05 м.

Волновод электромагнитных волн – трубы с условным диаметром 219 мм, соединенные между собой с помощью муфт.

Объем нефтешлама – 2,0 м³. Состав нефтешлама: вода – 51,6 %, механические примеси – 9,6 %, углеводороды – 38,8 %. Расстояние между СВЧ генератором и моделью шламонакопителя – 30 м.

Контролируемый параметр – температурное поле на трех уровнях объема нефтешлама. Расположение датчиков одного уровня показано на рис.3.

Картограммы температурных полей, полученных при исследовании, приведены на рис. 4.

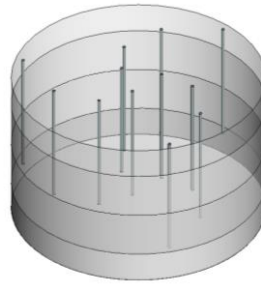


Рис. 3. Расположение датчиков одного уровня

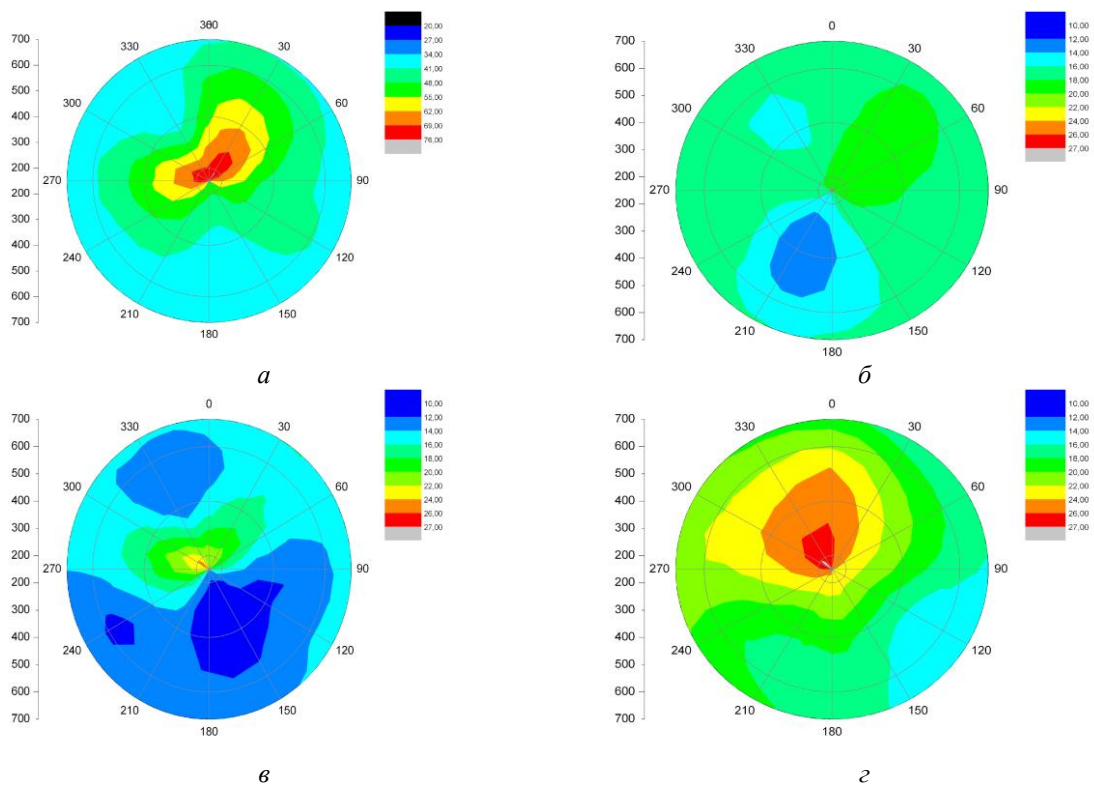


Рис. 4. Картограммы температурных полей

а – верхний уровень емкости, рупорная антенна; *б*, *в*, *г* – нижний, средний и верхний уровни емкости, штыревая антенна.

Проведенные вычислительные эксперименты на разработанной нами математической модели [4] показали, что при однородном электромагнитном поле даже в неоднородной среде состоящей из различных компонентов создается однородное температурное поле описываемое следующей зависимостью:

$$T(r) = T_0 + \frac{S_0}{3} \sum_{i=1}^n k_i F_{ei} \frac{e^{-2\alpha_i r} (\exp(4\alpha_i^2 \alpha_i^2 t) - 1)}{2\lambda_{ami} \alpha_i} \quad (1)$$

где $T(r)$ – температура пласта, °C;

r – расстояние от источника, м;

T_0 – начальная температура пласта, °C;

α_i – коэффициент затухания электромагнитного поля для воды ($i=1$), нефти ($i=2$) и песка ($i=3$) соответственно, дБ/м;

k_i – объемная доля воды, нефти и песка в общем объеме смеси соответственно;

t – время, с;

S_0 – вектор Пойнтинга в вакууме;

F_{ei} – коэффициент энергетического прохождения в i -ой среде (1 – вода, 2 – нефть, 3 – песок);

λ_{ami} – коэффициент теплопроводности i -ой среды, Вт/(м·К);

a_i – коэффициент температуропроводности i -ой среды.

Таким образом, для обеспечения однородного электромагнитного поля необходима разработка эффективных средств технологического оснащения и их материального исполнения для СВЧ-воздействия на углеводородсодержащие среды, или обеспечить прохождение всего объема ВНЭ и НВЭ через однородные участки излучения, что принципиально возможно обеспечить непосредственно в технологическом потоке при их транспортировке.

Эта работа была выполнена при поддержке Российского Фонда Фундаментальных исследований, грант № 18-29-24178

Список литературы:

1. Мешалкин В.П. Современные концепции интенсификации и оптимизации энергоресурсо – эффективности производств и цепей поставок нефтегазохимического комплекса'. Первые международные Косыгинские чтения, Москва, Международный научно-технический форум, 2017. С. 59 – 65.
2. Абдеев Р.Г., Сайтов Р.И., Абдеев Р.Г., Мударисов М.М. Повышение качества аппаратуры обеспечением взаимозаменяемости при изготовлении. Уфа: АН РБ, Гилем, 2011. С. 304.
3. Сахабутдинова К.Г., Талыпов Ш.М., Газизов В.Б., Абдеев Р.Г., Сайтов Р.И. Разработка технологии и технических средств для разогрева нефтешламов электромагнитными волнами СВЧ – диапазона. Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. 2012. №6. С. 35-37
4. Сайтов Р.И., Абдеев Р.Г., Швецов М.В., Хасанова А.Ф., Абдеев Э.Р., Рукомойников А.А. Математическая модель процесса электромагнитного нагрева многофазного многокомпонентного пласта тяжелой нефти. Вестник академии наук Республики Башкортостан. Уфа. 2018. Том 29 №4 (92) С. 73-79

ENERGY RESOURCE EFFICIENT ENVIRONMENTALLY SAFE TECHNOLOGY OF MICROWAVE-PROCESSING OF OIL SLASH WASTES R.G. Abdeev¹, R.I. Saitov¹, M.V. Shvetsov², A.A. Rukomoynikov¹, K.V. Sosnowski³

¹*Bashkir State University, Ufa, 450078, Russia, e-mail: arg@bgutmo.ru*

²*PJSC "Tatneft" them. V.D. Shashina Bugulma Mechanical Plant,*

Bugulma, 423230, Russia, e-mail: alex@bgutmo.ru

³*LLC "Technoservice"*

Abstract

The work shows the need and the possibility of developing effective technological equipment and their material performance for microwave exposure to hydrocarbon-containing media by ensuring that the entire volume of VNE and NWE passes through homogeneous radiation sites, which can be provided directly in the process stream during their transportation.

УДК 621.77.13

**РЕШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОБЛЕМЫ ДЕЗАКТИВАЦИИ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ОБОЛОЧКОВОГО
ТИПА НЕФТЕГАЗОХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ
ТЕРМОАБРАЗИВНОЙ ОЧИСТКОЙ**

Р.Г. Абдеев¹; М.В. Швецов²; Т.Р. Гайнуллин³, И.Р. Кадыров¹

¹Башкирский государственный университет, г. Уфа, 450014, Россия,

e-mail: arg@bgutmo.ru

²ПАО «Татнефть» им. В.Д. Шашина Бугульминский механический завод

г. Бугульма, 423230, e-mail: alex@bgutmo.ru

³ООО "МЕГГА-сервис"

Интенсивное образование плотнофиксированных отложений на поверхности технологического оборудования оболочкового типа солей происходит на этапах добычи, сбора и переработки нефти, и газа, а также при утилизации углеводородсодержащих сред. Это приводит к снижению производительности технологического оборудования из-за уменьшения рабочего проходного сечения и вынужденным остановкам функционирования процессов [1-3].

В дальнейшем оборудование демонтируется и подвергается восстановительному ремонту. В процессе ремонта производится определенный набор взаимосвязанных обязательных операций в сочетании с дополнительными операциями, необходимость которых диктуется состоянием оборудования. При ремонте оборудования выполняется определенный комплекс мероприятий, связанный с выполнением дополнительных видов работ основными из которых является очистка и последующая диагностика с использованием неразрушающих методов контроля для определения остаточного ресурса и возможности дальнейшей эксплуатации.

В процессе восстановительного ремонта возникает проблема высокоэффективной очистки внутренних поверхностей технологического оборудования оболочкового типа от солевых отложений. Для решения данной задачи в основном применяются следующие технологии [1-3].

– предварительная грубая механическая;

– тонкая абразивная очистка до чистого металла или технологии с применением воды.

Применение данных технологий приводит к усложнению процессов очистки технологического оборудования и поэтому актуальной является разработка энерго-ресурсоэффективной техники и технологии реновации базовых деталей бывшей в употреблении аппаратуры нефтегазохимических производств.

Нами разработан перспективный способ термоабразивной очистки поверхности технологического оборудования, для реализации которого разработаны энергоэффективные конструкции аппарата для термоабразивной очистки (ТАО) [3].

Данная технология позволяет производить очистку поверхностей технологического оборудования оболочкового типа различных конструкций и геометрических размеров, а также удаление и сбор продуктов очистки в ходе одной, технологической операции непосредственно на производственных объектах нефтегазохимических комплексов.

Достоинством созданного нами комплекса термоабразивной очистки (КТАО) является возможность оптимальной организации технологических процессов смесеобразования, сгорания топливно-воздушной смеси и охлаждения камеры за счет истечения под углом к образующей базовой детали цилиндрической формы сверхзву-

кового потока продуктов сгорания с подводом топлива, воздуха и эжектирования абразива.

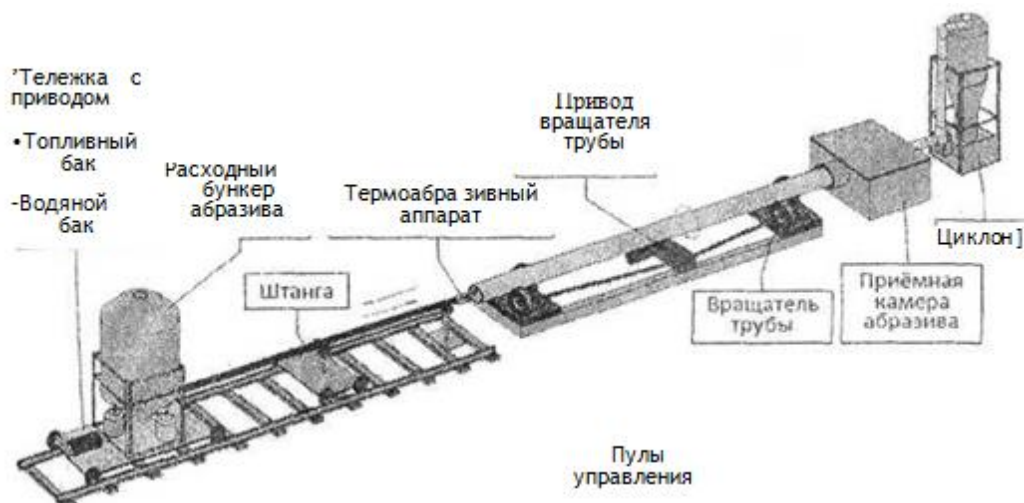
Проведенными исследованиями установлено, что мощность КТАО связана с внутренним диаметром очищаемой детали.

Для достижения высокоэффективной очистки труб используется угол истечения сверхзвукового потока продуктов сгорания термоабразивном аппарате (ТА) к обрабатываемой очищаемой поверхности, который связан с внутренним диаметром детали. То есть чем меньше диаметр детали, тем меньше необходимый угол истечения продуктов сгорания [4].

Максимальная эффективность очистки достигается организацией рабочих процессов в камере сгорания термоабразивного аппарата (КС ТАА) при оптимальных режимах давления компонентов на входе в ТАА, соотношения компонентов топливной смеси, глубины разрежения для эжектирования абразива, а также геометрических параметров магистралей, транспортирующих абразив.

Предлагаемый комплекс позволяет обеспечить организацию высокоэффективной очистки внутренней поверхности технологического оборудования различного конструктивного исполнения и геометрических параметров, удаление и сбор продуктов очистки в ходе одной операции непосредственно на производственном объекте, что исключает затраты на капитальное строительство дополнительных зданий, уменьшает транспортные затраты на перевозку труб в специализированные цеха по очистке труб других предприятий. Необходимо также отметить, что разработанный комплекс позволяет решить проблему по дезактивации труб с соевыми отложениями, загрязненных природными радионуклидами (ПРН), непосредственно на мотельниках предприятий нефтегазохимических комплексов, с последующим повторным их применением по прямому назначению или утилизации такого оборудования в металлолом. Степень очистки внутренней поверхности труб от соевых отложений соответствует первой степени по ГОСТ 9.402-80, когда при осмотре с 6-кратным увеличением окалина, ржавчина и другие загрязнения не обнаруживаются. Мощность дозы гамма-излучения на поверхности труб после очистки не превышает естественного фона. Кроме того, мощность излучения продуктов очистки снижается в результате перемешивания соевых отложений с абразивом.

По результатам проведенных исследований разработан линейный ряд КТАО и изготовлена опытно-промышленная модель модульной передвижной установки (рисунки 1,2).



Для определения размеров КС ТАА при проектировании использована методика расчета процессов горения в жидкостных реактивных двигателях [4-5].

Среднее пребывание в КС – τ_n – отношение массы продуктов, находящихся в КС, к массовому расходу топлива через КС рассчитывается по следующей формуле:

$$\tau_n = m_{kc}/m \equiv (v_{kc} * \rho) / m, \quad (1)$$

где m_{kc} – масса газа, находящегося в КС;

v_{kc} – объем КС (определяется как объем до минимального сечения);

ρ – средняя плотность продуктов в КС.

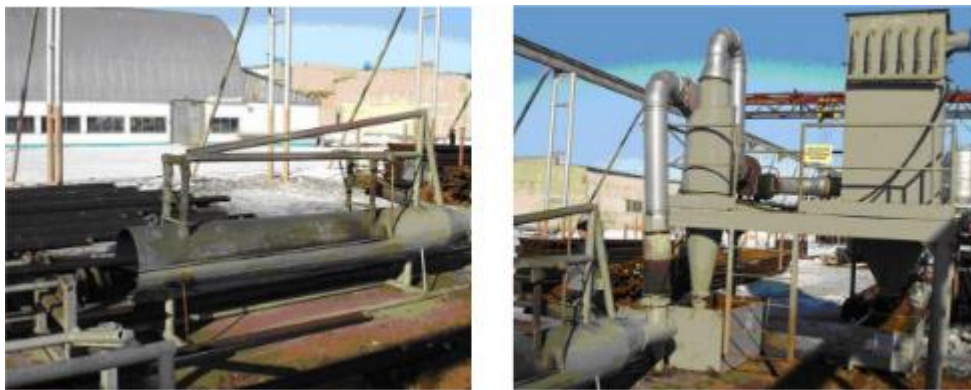


Рис. 2. Модульная передвижная установка по очистке внутренней поверхности труб

Величина ρ заменяется величиной ρ_{oc} , относящейся к сечению входа в сопло, так как последняя известна из термодинамического расчета. Тогда:

$$\tau_n = (v_{kc} * \rho_{oc}) / m, \quad (2)$$

Действительное время пребывания, несколько больше вычисленного по формуле (2), особенно для камер, работающих по схеме «газ- жидкость». Значение τ_n (и тем самым и необходимый объем v_{kc}), обеспечивающее высокую полноту сгорания, зависит от выбранной системы смесеобразования, природы топлива и параметров рабочего процесса в камере, ее размерности. Примерные значения $\tau_n = 0,001 \dots 0,008$ сек.

Выводы:

1. Разработан способ и средства технологического оснащения высокоэффективной очистки внутренней поверхности технологического оборудования с удалением и сбором продуктов очистки в ходе одной операции, что позволяет уменьшить транспортные затраты на перевозку оборудования в специализированные цеха и предприятия для очистки.

2. Предлагаемый комплекс термоабразивной очистки позволяет решить проблему дезактивации базовых деталей технологического оборудования оболочкового типа с солевыми отложениями, загрязненных природными радионуклидами, непосредственно на могильниках нефтегазохимических комплексов предприятий с возможностью повторного их применения по прямому назначению или утилизации.

3. Достоинством данного способа является возможность расширения номенклатуры очищаемой аппаратуры за счет увеличения линейки типоразмеров термоабразивных аппаратов, оптимизацией процессов смесеобразования, сгорания топливно-воздушной смеси и охлаждения камеры сгорания, ограниченного в пространстве внутренним диаметром.

Эта работа была выполнена при поддержке Российского Фонда Фундаментальных исследований, грант № 18-29-24178

Список литературы:

1. Талыпов Ш.М. Прогрессивный способ очистки нефтяных труб от плотнофиксированных отложений / Талыпов Ш.М., Абдеев Р.Г. // Вестник Оренбургского

- государственного университета. 2008. № 12 (94). С. 104-107.
2. Абдеев Р.Г. Разработка конструкции термоабразивного аппарата и технологии очистки внутренней поверхности насосно-компрессорных труб от плотнофигированных отложений на производственных объектах нефтегазового комплекса / Абдеев Р.Г., Талыпов Ш.М., Скворцов Ю.М., Габитов Г.К., Абдеев Э.Р. // Механика XXI века. 2007. № 6. С. 210-211.
 3. Талыпов Ш.М. Разработка способа очистки труб от плотнофигированных отложений в нефтегазодобыче / Талыпов Ш.М., Абдеев Р.Г., Габитов Г.К. // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2008. № 4 (74). С. 35-40.
 4. Алемасов В.Е., Дрегаллин А.Ф., Тишин А.П. Теория ракетных двигателей. – М.: Машиностроение, 1989. – 464 с.
 5. Соколов Е.Я., Зингер Н.М. Струйные аппараты. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 352 с.

**SOLUTION OF THE ENVIRONMENTAL PROBLEM
OF THE DECONTAMINATION OF TECHNOLOGICAL EQUIPMENT
OF THE ENVELOPE TYPE OF OIL AND GAS-CHEMICAL
PRODUCTIONS THERMAL-CLEANING CLEANING**

R.G. Abdeev¹; M.V. Shvetsov²; T.R. Gaynullin³, I.R. Kadyrov¹

¹*Bashkir State University, Ufa, 450078, Russia, e-mail: arg@bgutmo.ru*

²*PJSC "Tatneft" them. V.D. Shashina Bugulma Mechanical Plant,
Bugulma, 423230, Russia, e-mail: alex@bgutmo.ru*

³*LLC "MEGGA-service"*

Abstract

The article presents the results of a set of scientific research and organizational measures for cleaning up tightly fixed sediments and deactivating basic parts of petrochemical equipment for shell-like production, processing and utilization of hydrocarbon-containing media. Describes the means of technological equipment for the implementation of a promising method of thermoforming cleaning the surface of the process equipment.

К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НАРУЖНОГО ВОЗДУХА, СКОРОСТИ ВЕТРА, ИЗЛУЧАТЕЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ И СРЕДНЕРАБОЧЕЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ЛУЧЕПОГЛОЩАЮЩЕЙ ТЕПЛООБМЕННОЙ ПАНЕЛИ ПЛОСКИХ СОЛНЕЧНЫХ ВОДОНАГРЕВАТЕЛЬНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ НА ИХ ТЕПЛОВЫЕ ПОТЕРИ ЧЕРЕЗ СВЕТОПРОЗРАЧНЫЕ ПОКРЫТИЯ

Р.Р. Аvezов^{1,2}, Н.Р. Аvezова², А.У. Вохидов^{1,2}, Э.Ю. Рахимов²

¹Международный институт солнечной энергии,

Ташкент, 100084, Узбекистан, e-mail: avezov@uzsci.net

² Физико-технический институт Академии наук Республики Узбекистан,
Ташкент, 100084, Узбекистан

Роль светопрозрачных покрытий (СП) в плоских солнечных водонагревательных коллекторах (ПСВК) наряду с созданием парникового эффекта внутри их корпусов, заключается в уменьшении кондуктивно-конвективных и лучистых тепловых потерь от зачерненной поверхности их лучепоглощающей теплообменной панели (ЛПТП) в окружающую среду через СП корпуса рассматриваемых коллекторов [1-4]. В работах [5-9] частично рассмотрены вопросы влияния температуры окружающей среды – t_o , скорости ветра – \mathcal{V} , среднерабочей температуры – \bar{t}_p и излучательной способности ЛПТП – ε_p на коэффициента тепловых потерь от зачерненной поверхности ЛПТП в окружающую среду ($K_{c_{p-o}}$).

Для однослойного СП корпуса ПСВК выражение для расчета коэффициента тепловых потерь от зачерненной поверхности ЛПТП в окружающую среду ($K_{c_{p-o}}^{(1)}$), полученное на основе условия равенства тепловых потоков, подводимого к внутренней поверхности СП от зачерненной поверхности СП (q_{p-c_1}), передаваемого от внутренней поверхности СП к его наружной поверхности ($q_{c_1-c_2}$) и отводимого от наружной поверхности СП в окружающей среде (q_{c_2-o}), имеет вид [10]

$$K_{c_{p-o}}^{(1)} = \left(\frac{1}{\alpha_{\text{вн } p-c_1}^{\text{к}} + \alpha_{\text{вн } p-c_1}^{\text{л}}} + \frac{\delta_c}{\lambda_c} + \frac{1}{\alpha_{\text{нар } c_2-o}^{\text{к}} + \alpha_{\text{нар } c_2-o}^{\text{л}}} \right)^{-1}, \quad (1)$$

где $\alpha_{\text{вн } p-c_1}^{\text{к}}$ и $\alpha_{\text{вн } p-c_1}^{\text{л}}$ – соответственно, кондуктивно-конвективный и лучистый коэффициенты теплопередачи через замкнутой воздушной прослойки (ЗВП), заключенной между зачерненной поверхности ЛПТП (p) и внутренней поверхностью СП (c_1);

$\alpha_{\text{нар } c_2-o}^{\text{к}}$ и $\alpha_{\text{нар } c_2-o}^{\text{л}}$ – соответственно, конвективный и лучистый коэффициенты теплоотдачи от наружной поверхности СП (c_2) в окружающую среду (o);

λ_c и δ_c - соответственно, коэффициент теплопроводности материала и толщина СП.

Как показывают результаты расчетов [11], при излучательной способности (ε_p) 0,1 и среднерабочей температуре зачерненной поверхности ЛПТП (\bar{t}_p) 60°C , температура окружающей среды (t_o) 30°C , скорости ветра (\mathcal{V}) 3 м/с и относительной

влажности (φ_0) 0,3 на долю $\frac{1}{\alpha_{\text{вн}p-c_1}^k + \alpha_{\text{вн}p-c_1}^l}$ приходится 86,9%, а на долю

$\frac{1}{\alpha_{\text{нар}c_2-o}^k + \alpha_{\text{нар}c_2-o}^l}$ - 11,1% значения $\frac{1}{K_{c_{p-o}}^{(1)}}$, которое составляет 0,264. При $\varepsilon_p = 0,95$

и тех же значений \bar{t}_p , t_o , \mathcal{G} и φ_0 на долю $\frac{1}{\alpha_{\text{вн}p-c_1}^k + \alpha_{\text{вн}p-c_1}^l}$ приходится 64,8%, а на

долю $\frac{1}{\alpha_{\text{нар}c_2-o}^k + \alpha_{\text{нар}c_2-o}^l}$ – 31,8% значения $\frac{1}{K_{c_{p-o}}^{(1)}}$, которое составляет 0,157.

Из анализа результатов расчетов следует, что одним из основных путей снижения $K_{c_{p-o}}^{(1)}$ является снижение значения $\alpha_{\text{вн}p-c_1}^k + \alpha_{\text{вн}p-c_1}^l$.

Значение кондуктивно-конвективного составляющего коэффициента суммарного теплопереноса в ЗВП $\alpha_{\text{вн}p-c_1}^k + \alpha_{\text{вн}p-c_1}^l$ (т.е. $\alpha_{\text{вн}p-c_1}^k$), как правило зависит от угла наклона (α) и толщины ($\delta_{\text{вн}p-c_1}$) рассматриваемой ЗВП, а также как от разницы \bar{t}_p и t_{c_1} (т.е. $\bar{t}_p - t_{c_1}$), так и от их полу суммы (т.е. $0,5(\bar{t}_p - t_{c_1})$). Уменьшение значения $\alpha_{\text{вн}p-c_1}^k$ в ЗВП может быть достигнуто тепловой оптимизацией толщины рассматриваемой ЗВП [12, 13], использованием ячеистой структуры с оптимально выбранными параметрами [14, 15] и созданием вакуума в ней [16].

Использование ячеистой структуры, хотя и исключает естественную конвекцию воздуха в ЗВП, требует дополнительных расходов, связанных с ее изготовлением, и приводит к росту эффективной теплопроизводительности прослойки за счет теплопроводности ячеек [14].

Создание частичного вакуума для предотвращения конвекции в ЗВП затруднено обеспечением надежной герметизации, т.е. сохранением вакуума в них в течение длительного времени [16].

Значение лучистого составляющего $\alpha_{\text{вн}p-c_1}^k + \alpha_{\text{вн}p-c_1}^l$ (т.е. $\alpha_{\text{вн}p-c_1}^l$) теплопереноса через ЗВП, вследствие диатермичности воздуха в ней, не зависит от толщины ЗВП ($\delta_{\text{вн}p-c_1}$) и в основном определяется температурой и оптическими свойствами в инфракрасной области спектра зачерненной поверхности ЛППП и внутренней поверхности СП.

В силу указанной особенности формирования $\alpha_{\text{вн}p-c_1}^l$ одним из основных путей его понижения считается достижение низких значений ε_p по сравнению с излучательной способностью материала СП (ε_c).

Как следует из выражения (1) зависимость $K_{c_{p-o}}^{(1)}$ от коэффициентов $\alpha_{\text{вн}p-c_1}^k$, $\alpha_{\text{вн}p-c_1}^l$, $\alpha_{\text{нар}c_2-o}^k$ и $\alpha_{\text{нар}c_2-o}^l$, если учесть соответствующие зависимости их от \bar{t}_p , t_o , \mathcal{G} , ε_p и φ_0 , чрезмерно сложна. Установление достоверной зависимости $K_{c_{p-o}}^{(1)}$ от \bar{t}_p , t_o , \mathcal{G} , ε_p и φ_0 опытным путем из-за одновременности и практической невозможностью обеспечения одинаковости условий проведения экспериментов представляет собой весьма трудоемкую задачу и требует много времени и материально-технических средств. Поэтому, более рациональным считается установление степени

влияния \bar{t}_p , t_o , \mathcal{G} , ε_p и φ_o на величину $K_{c_{p-o}}^{(1)}$ на основе вычислительного эксперимента по заданным габаритным, оптическим и теплотехническим характеристикам элементов ПСВК, которые заблаговременно определены в лабораторных условиях.

В данной статье приведены некоторые результаты вычислительного эксперимента по определению значения $K_{c_{p-o}}^{(1)}$ в пределах изменений $20^\circ C \leq t_o \leq 40^\circ C$, $45^\circ C \leq \bar{t}_p \leq 80^\circ C$, $0,05 \leq \varepsilon_p \leq 0,95$, $0 \leq \mathcal{G} \leq 10 \text{ м/с}$ и $0,15 \leq \varphi_o \leq 0,6$ для базового ПСВК, основные параметры которого приведены в [11].

Анализ полученных результатов показывает, что, как и ожидалось, при прочих равных условиях повышение значений \bar{t}_p , ε_p и \mathcal{G} приводят к росту значения $K_{c_{p-o}}^{(1)}$, а повышение φ_o при прочих равных условиях приводит к снижению значения $K_{c_{p-o}}^{(1)}$, что связано с частичным поглощением теплового излучения наружной поверхности СП водяными парами в атмосферном воздухе.

Снижение значения $K_{c_{p-o}}^{(1)}$ более ощутимо при изменении значения t_o от 30 до $40^\circ C$. При $\varepsilon_p = 0,95$ и $\bar{t}_p = 60^\circ C$ при тех же значениях t_o соответствующие значения $K_{c_{p-o}}^{(1)}$ составляет 6,3768; 6,4862; 6,5887; 6,6837 и 6,7568 Вт/(м²°C).

Наряду с определением влияния t_o на значение $K_{c_{p-o}}^{(1)}$ (при заданных значениях \bar{t}_p и ε_p), представляет практический интерес установление зависимости $K_{c_{p-o}}^{(1)}$ от скорости ветра (\mathcal{G}) при заданных значениях \bar{t}_p и ε_p , характерных для средних условий эксплуатации ПСВК.

Зависимость $K_{c_{p-o}}^{(1)}$ от \mathcal{G} при $\bar{t}_p = 50, 60, 70, 80^\circ C$ и $t_o = 30^\circ C$ при изменении ε_p от 0,05 до 0,95 приведены на рис. 1, 2, 3 и 4, соответственно [17].

Как следует из графиков по рис. 1, при $\bar{t}_p = 50^\circ C$ в пределах изменения ε_p от 0,05 до 0,2 рост значения скорости ветра (\mathcal{G}) от 0 до 10 м/с практически не влияет на значение $K_{c_{p-o}}^{(1)}$, а при $\varepsilon_p = 0,95$ значение $K_{c_{p-o}}^{(1)}$ составляет: 6,32 Вт/(м²°C) при $\mathcal{G} = 0$ м/с; 6,87 Вт/(м²°C) при $\mathcal{G} = 3$ м/с; 7,0 Вт/(м²°C) при $\mathcal{G} = 5$ м/с и 7,21 Вт/(м²°C) при $\mathcal{G} = 10$ м/с.

В пределах изменения значений \bar{t}_p от $60^\circ C$ до $80^\circ C$, как следует из графиков рис. 2-4, рост значения \mathcal{G} при $\varepsilon_p = 0,05$ уже приводит к росту значения $K_{c_{p-o}}^{(1)}$. Так, при $\bar{t}_p = 80^\circ C$ и $\varepsilon_p = 0,05$ значения $K_{c_{p-o}}^{(1)}$ составляет: 3,33 Вт/(м²°C) при $\mathcal{G} = 0$ м/с; 3,62 Вт/(м²°C) при $\mathcal{G} = 3$ м/с; 3,70 Вт/(м²°C) при $\mathcal{G} = 5$ м/с и 3,81 Вт/(м²°C) при $\mathcal{G} = 10$ м/с.

При значениях $\varepsilon_p = 0,95$ и $\mathcal{G} = 5$ и 10 м/с соответствующие значения $K_{c_{p-o}}^{(1)}$ составляет, соответственно, 7,01 и 7,21 Вт/(м²°C) при $\bar{t}_p = 50^\circ C$; 6,80 и

7,11 Вт/(м²°С) при $\bar{t}_p=60^\circ\text{C}$; 6,81 и 7,19 Вт/(м²°С) при $\bar{t}_p=70^\circ\text{C}$; 6,90 и 7,32 Вт/(м²°С) при $\bar{t}_p=80^\circ\text{C}$.

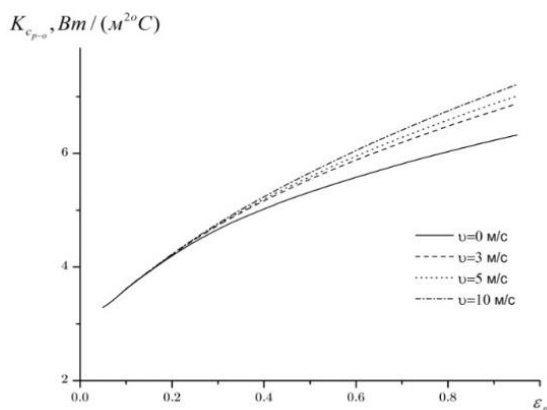


Рис. 1. Зависимость $K_{c_{p-o}}^{(1)}$ от ϵ_p при

$t_o=30^\circ\text{C}$ и $\bar{t}_p=50^\circ\text{C}$ при $\vartheta=0$ м/с; 3 м/с; 5 м/с; 10 м/с, соответственно.

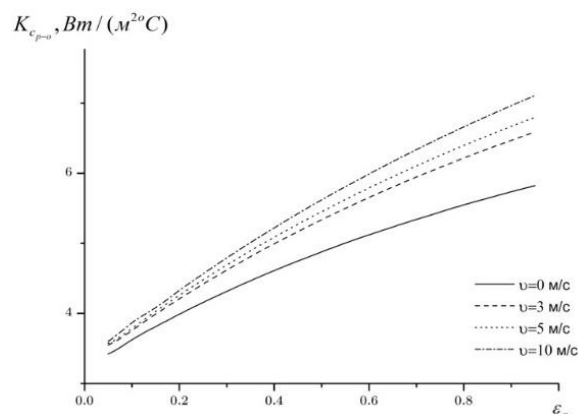


Рис. 2. Зависимость $K_{c_{p-o}}^{(1)}$ от ϵ_p при

$t_o=30^\circ\text{C}$ и $\bar{t}_p=60^\circ\text{C}$ при $\vartheta=0$ м/с; 3 м/с; 5 м/с; 10 м/с, соответственно.

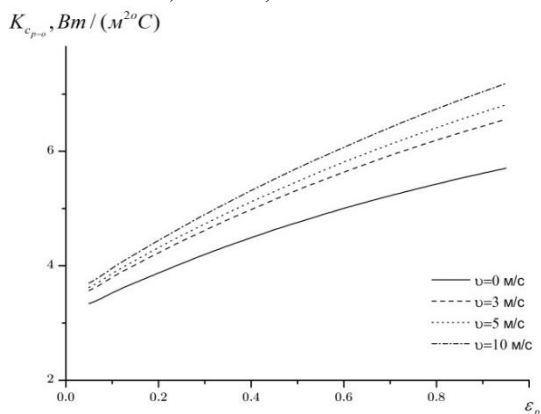


Рис. 3. Зависимость $K_{c_{p-o}}^{(1)}$ от ϵ_p при

$t_o=30^\circ\text{C}$ и $\bar{t}_p=70^\circ\text{C}$ при $\vartheta=0$ м/с; 3 м/с; 5 м/с; 10 м/с, соответственно.

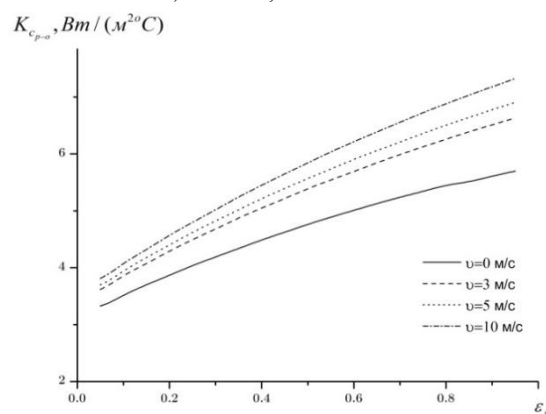


Рис. 4. Зависимость $K_{c_{p-o}}^{(1)}$ от ϵ_p при

$t_o=30^\circ\text{C}$ и $\bar{t}_p=80^\circ\text{C}$ при $\vartheta=0$ м/с; 3 м/с; 5 м/с; 10 м/с, соответственно.

Из анализа графиков зависимости $K_{c_{p-o}}^{(1)}$ от ϵ_p и ϑ по рис. 1-4 следует, что зависимости $K_{c_{p-o}}^{(1)}$ от ϵ_p за исключением $\bar{t}_p=50^\circ\text{C}$ (рис. 1) очень близки к линейным, что представляется в дальнейшем привести их в виде соответствующих аппроксимационных зависимостей.

Работа выполнена в рамках государственных программ по проекту фундаментальных исследований БВ-М-ФЗ-003 ООО «Международный институт солнечной энергии» и молодежного научно-прикладного проекта ЁФА-Атех-2018-144 Физико-технического института НПО «Физика-Солнце» Академии наук Республики Узбекистан.

Список литературы:

1. M. Khoukhi, S. Maruyama. Theoretical approach of a flat-plate solar collector taking into account the absorption and emission within glass cover layer. // Solar Energy. 2006. V. 80. № 7. – pp. 787–794.

2. Ciocănea A., Bureţea D. L. The influence of flow tube vibrations over the efficiency of solar water heating collectors // *Energy Procedia*. 2017. V. 112 – pp. 330 – 335.
3. Chen Z., Furbo S., Perers B., Fan J., Andersen E. Efficiencies of flat plate solar collectors at different flow rates // *SHC 2012. Energy Procedia*. 2012. V. 30. – pp. 65 – 72.
4. S.N. Agbo, E.C. Okoroigwe. Analysis of Thermal Losses in the Flat-Plate Collector of a Thermosyphon Solar Water Heater // *Research Journal of Physics*. 2007. № 1. – pp. 35-41.
5. Klein S.A. Calculation of flat-plate collector loss coefficients. *Journal of Solar Energy*. 1975. V. 17. № 1. – pp. 79-80.
6. Klein S.A. The effects of Thermal Capacitance Upon the Performance of Flat-Plate Solar Collectors // *Master Thesis. University of Wisconsin*, 1973.
7. Lal Shrestha N., Frotscher O., Urbaneck T., Oppelt T., Göschel T., Uhlig U., Frey H. Thermal and hydraulic investigation of large-scale solar collector field // *Energy Procedia*. 2018. V. 149. – pp. 605–614.
8. Osório T., Carvalho M.J. Testing of solar thermal collectors under transient conditions // *SHC 2012. Energy Procedia*. 2012. V. 30. – pp. 1344 – 1353. - 8
9. Rodríguez-Hidalgo M.C., Rodríguez-Aumente P.A., Lecuona A., Gutiérrez-Urueta G.L., Ventas R. Flat plate thermal solar collector efficiency: Transient behavior under working conditions. Part I: Model description and experimental validation. // *Applied Thermal Engineering*. 2011. V. 31. – pp. 2394-2404.
10. Duffie J.A., Beckman W.A. *Solar Engineering of Thermal Processes* // New York: Wiley, 2013. – 888 p.
11. Авезов Р.Р., Авезова Н.Р., Вохидов А.У., Рахимов Э.Ю., Усмонов Н.О. Влияние внешних метеорологических факторов на коэффициент тепловых потерь лучепоглощающих теплообменных панелей плоских солнечных водонагревательных коллекторов через светопрозрачные покрытия их корпусов // *Гелиотехника*, 2018. №3. – стр. 42-51.
12. Авезов Р.Р., Орлов А.Ю. Солнечные системы отопления и горячего водоснабжения. – Ташкент: «ФАН». 1988, -288с.
13. Авезов Р.Р., Дыскин В.Г., Авезова Н.Р. Тепловая оптимизация толщины замкнутой воздушной прослойки системы «лучепоглощающая теплообменная панель – светопрозрачное покрытие» плоских солнечных водонагревательных коллекторов // *Гелиотехника*. 2007. №4, -С. 14-20.
14. Вейнберг В.Б. Оптика в установках для использования солнечной энергии. – М.: Оборонгиз. 1959, -224 с.-14
15. Wang N., Zeng Sh., Zhou M., Wang Sh. Numerical study of flat plate solar collector with novel heat collecting components // *International Communications in Heat and Mass Transfer*. 2015. V. 69. – pp. 18–22.
16. Митина И.В. Повышение эффективности солнечных коллекторов с вакуумированными стеклопакетами. Автореф. дис... канд. тех. наук. - М.: 2009, -26 с.
17. Авезов Р.Р., Рахимов Э.Ю., Вохидов А.У. Программа для расчета зависимости коэффициента тепловых потерь лучепоглощающих теплообменных панелей плоских солнечных коллекторов через светопрозрачные покрытия в окружающую среду от их степени черноты / *DGU №05627*, зарегистрированный в государственном реестре программ для ЭВМ Республики Узбекистан в г. Ташкенте, 16.08.2018.

**TO DETERMINE INFLUENCE OF AMBIENT TEMPERATURE, WIND SPEED,
EMISSIVITY AND AVERAGE WORKING TEMPERATURE
LIGHT-ABSORBING HEAT-EXCHANGE PANELS OF FLAT-PLATE SOLAR
WATER-HEATING COLLECTORS TO THEIR THERMAL LOSSES
THROUGH THE TRANSLUCENT COATING**

N.R. Avezova^{1,2}, R.R. Avezov^{1,2}, A.U. Vokhidov^{1,2}, E.Yu. Rakhimov²

¹International Solar Energy Institute,

Tashkent, 100084, Uzbekistan, e-mail: avezov@uzsci.net

*²Physical-technical institute of Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan,
Tashkent, 100084, Uzbekistan*

Abstract

The work is devoted to the determination of the heat losses coefficient through the translucent coating of the light-absorbing heat-exchange panels of flat-plate solar water-heating collectors. The results of computational experiments to determine the effect of ambient temperature (t_{amb}), wind speed (\mathcal{G}), average working temperature (\bar{t}_w) and emissivity of the light-absorbing heat-exchange panels - ε_p on its thermal loss through the translucent coating case of flat-plate solar water heating collectors with a single-layer translucent coating are presented.

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ РАСТЕНИЙ ПРИ ПРОЛИВЕ РАКЕТНОГО ТОПЛИВА-ГЕПТИЛ

О.А. Агапов¹, О.А. Федорина¹, К.Р. Утеулин²

¹РГП «НИЦ «Фарыш-Экология», г. Алматы, 050046, Республика Казахстан,
e-mail: info@gh-ecology.kz

²РГП «Институт биологии и биотехнологии растений», г. Алматы, Казахстан,
e-mail: gen_uteulink@mail.ru

Ракетно-космическая деятельность (РКД) является показателем научного, экономического и политического потенциала страны. И очевидно, что данный вид деятельности должен развиваться. Однако, наряду с очевидной пользой и выгодой, развитие РКД может негативно повлиять на окружающую природную среду и тем самым на здоровье населения, проживающего в районах воздействия РКД.

Одним из факторов возможного воздействия РКД на окружающую среду является применение высокотоксичного ракетного топлива в ракетах-носителях (РН), полет которых сопровождается падением отработавших ступеней, при этом возможный вред природным объектам может наноситься остатками невыработанных компонентов топлив. Вместе с тем, наибольшее воздействие может произойти при аварийных ситуациях, с большими проливами компонентов токсичных ракетных топлив, в частности, несимметричного диметилгидразина и тетраоксида азота.

Актуальность проблеме придает риск передачи техногенных загрязнений КРТ через растения «по пищевой цепочке» диким и домашним животным, и далее человеку, создавая угрозу его здоровью. До настоящего времени не разработаны предельно допустимые концентрации (ПДК) содержания несимметричного диметилгидразина (НДМГ, гептил) и нитрозодиметиламина (НДМА) в растениях, их содержание не нормируется. Кроме того, растительный покров рассматривается в качестве основного индикатора, определяющего интенсивность выноса и рассеивания компонентов ракетного топлива в объектах окружающей среды.

Известно, что НДМГ, попадая в окружающую природную среду, может сохраняться без изменения или связываться с природными веществами, преимущественно органическими (фульвокислоты, гуминовые вещества и др.), а также частично трансформироваться в N-нитрозоамины, в том числе нитрозодиметиламин (НДМА). При этом могут образовываться тетраметилтетразен (ТМТ), метилметиленигидразин (ММГ), диметиламин (ДМА). Конечными продуктами трансформации НДМГ в объектах окружающей среды являются нитраты, нитриты, формальдегид, гидразинкарбоновые кислоты и другие вещества [1-3].

Результаты первых исследований по изучению поведения компонентов ракетного топлива в природных ландшафтах районов падения отделяющихся частей ракет-носителей (ОЧ РН) были рассмотрены в работах таких российских авторов как Н.С. Касимов, В. Б. Гребенюк, Т. В. Королева, Ю. В. Проскуряков (*Географический факультет МГУ, 1993г.*) [4].

Авторы утверждают, что основные пути поступления компонентов ракетного топлива в ландшафты - аэрогенное рассеивание и разливы как при падении ОЧ РН на землю, так и при аварийных падениях. Большая часть поступающего топлива сгорает и испаряется в атмосферу. Меньшая - захватывается растительностью, проникает в почву, растворяется в воде. В отличие от почв, загрязненных преимущественно в местах падений, растительность загрязнена на более значительной площади. В результате выпадения токсикантов из атмосферы формируются обширные региональные поверхностные аномалии на местах падения ОЧ РН за их пределами.

Это подтверждается рядом экспериментов по изучению распределения НДМГ в органах растений (надземная и подземная части на примере таких видов растений как *Anabasis salsa*, сем.Маревые, *Festuca sulcata*, сем.Злаки, *Artemisia pauciflora*, сем.Сложноцветные), в ходе которых делались смывы дистиллированной водой с поверхности вегетативных органов растений и определялось наличие НДМГ в данном растворе, затем определяли присутствие НДМГ в вегетативных органах после смыва дистиллированной водой.

Таким образом, отмечено, что растения способны поглощать НДМГ всеми своими органами из различных фаз внешней среды (газообразной, твердой), причем отмершие растения могут достаточно длительное время являться поставщиками НДМГ в природную среду. Кроме того, растительность является лучшим индикатором для определения площади рассеяния НДМГ, на территории, где нет условий для его сохранения в почвах [4-5].

С целью определения уровней содержания НДМГ в растительном покрове российскими авторами Касимовым Н.С, Гребенюк В.Б., Королевой Т.В. при исследованиях поведения компонентов ракетного топлива в почвах, водах и растениях было отобрано и проанализировано более двух сотен проб растений 15 семейств. В результате выявлена видовая дифференциация в накоплении растениями НДМГ: его встречаемость в злаках (типчак, пыреи, ковыли) составила 35% от проб данного семейства, в сложноцветных (полыни) - 42%, в маревых (кокпек, кейреук, изень) - 50%. Позднее аналогичные исследования о толерантности растений к КРТ были проведены Ермаковым Е.И., Пановой Г.Г., Петровой З.М., Остапенко Н.С. Было также отмечено, что особенно интенсивно поглощают НДМГ растения из семейства сложноцветные и маревые [4-6].

Аналогичные работы по содержанию и накоплению НДМГ растениями были проведены и казахстанскими учеными (А.М. Нурушевой, И.О. Байтулиным, Н.П. Огарь, К.С. Баишевым и др.). Кроме того, были выявлены растения - индикаторы загрязнения КРТ и их индикационные признаки [7-9].

Последствия аварий ракет космического назначения (РКН) РС-20 в 2006 г. и «Протон-М» в 2007 и 2013 годах, запущенных с космодрома Байконур, характеризовались нарушением целостности почвенно-растительного покрова, загрязнением НДМГ и продуктами его трансформации почвы и растительности.

По результатам многолетних исследований на местах аварий РКН РС-20 «Днепр» в 2006 г. и РН «Протон-М» в 2007 и 2013 г. в Карагандинской области, установлено, что через 2-3 года после проведения многократной детоксикации почв, загрязненных гептилом, до уровня ПДК, в почве появляются не только производные НДМГ (нитрозодиметиламин, диметиламин, метилтриазол, диметилформамид, формальдегид, окислы азота), но и нередко сам НДМГ. Кроме того, вокруг места разлива гептила выявлены загрязнения растительного покрова, который представлен доминирующими видами, такими как ковыли, пыреи – сем.Злаки, полыни – сем.Сложноцветные, кейреук, изень, биюргун – сем.Маревые, НДМГ и НДМА на площади, превышающей в сотни раз площадь загрязнения почвы. Через два года на местах аварийного падения фрагментов РН «Протон-М» 2007 г., более чем в 50% проб растений, был обнаружен НДМГ, а НДМА отсутствовал. На третий год НДМГ в растениях не обнаружен, а в 83% проб отмечен НДМА [9-10].

Спустя 6-7 лет после аварии РН «Протон-М», в пробах растений вновь обнаружены НДМГ и НДМА на площади, в разы превышающие площадь загрязнения почвы, при их отсутствии в почве в течение предыдущих лет.

Аналогичные результаты получены в районе аварийного падения РКН РС-20 в Кызылординской области: практически во всех пробах растений выявлен НДМА с увеличением радиуса распространения загрязнений. В пробах почвы обнаружены продукты химической трансформации НДМГ (метилтриазол, диметилформамид и

диметилгидразон формальдегида) [7, 9, 11, 12].

При изучении последствий аварии РН «Протон-М» в 2013 г., в 2014 г. в растениях загрязнения НДМГ и НДМА не наблюдалось, через 4 года после аварии в 2017 г. в 53% проб растений выявлен НДМА, причем как на загрязненной, так и чистой, фоновой территории [13].

Данные результаты еще раз подтвердили выводы российских и казахстанских ученых о способности растений поглощать НДМГ из различных фаз внешней среды (газообразной, твердой), причем особенно интенсивно поглощают растения из семейства злаки, сложноцветные и маревые.

О степени опасности загрязнения дикорастущих растений для диких и сельскохозяйственных животных, и в конечном итоге для человека, до сих пор нет научно обоснованных выводов.

Так как одним из способов поступления НДМГ в растения происходит из почв через корневую систему, в лабораторных условиях проведены исследования по изучению фитотоксичности почвы, загрязненной НДМГ в различных концентрациях, на дикорастущие растения семейства злаков (пырей гребневидный) и сложноцветных (полынь эстрагон), что послужит моделью действия загрязненной НДМГ почвы на растения в природных условиях.

Результаты исследований позволяют предположить, что в местах аварий РН «Протон-М» содержание НДМГ в почве в интервале концентрации эквивалентной от 1 до 25 мг/кг не является фитотоксичной для полыни, содержание НДМГ в почве в интервале от 1 до 5 мг/кг не является фитотоксичной для пырея [14].

Опытным путем установлено, что полынь, в сравнении с дикорастущим злаком – пыреем, оказалась более устойчива к загрязнению НДМГ. Раствор НДМГ в концентрации эквивалентной 1 мг/кг; 5 мг/кг и 25 мг/кг стимулировал всхожесть семян полыни, увеличивал длину надземной части проростков. НДМГ, в концентрациях 1 и 5 мг/кг стимулирует, а 25 мг/кг не изменяет всхожесть семян дикорастущего злака – пырея гребневидного.

Ингибирование всхожести семян и интенсивности роста и развития проростков дикорастущих растений указанных видов следует ожидать при концентрации НДМГ в почве превышающих ПДК более чем в 250 раз [14].

В тестировании чувствительности растений к НДМГ использовались серо-бурые супесчаные почвы района космодрома «Байконур», в которых достаточно низкое содержание азота, что объясняет стимулирующее действие НДМГ на всхожесть семян и интенсивность развития проростков.

Таким образом, по результатам исследований по ликвидации последствий аварийных падений РН «Протон-М» установлено, что в почве на местах аварий длительное время сохраняется загрязнение НДМГ и НДМА и продуктами их распада. Отмечается периодическое появление НДМА в растениях при отсутствии НДМГ и НДМА в почве, также отмечено повторное загрязнение почвенно-растительного покрова НДМГ и НДМА после их отсутствия в течение нескольких лет, при этом, площади загрязнения растительного покрова в десятки раз превышали площади выявленного загрязнения почвы КРТ и продуктами их трансформации, а загрязнение растений выявлялось на расстоянии 1 км и более от мест загрязнения почвы [5, 10-11].

Учитывая стимулирующее воздействие НДМГ в почве в концентрациях 1-5 мг/кг (10-50 ПДК) на рост и развитие дикорастущих растений, а также их устойчивость к повышенным концентрациям НДМГ в почве (до 250 ПДК), можно предположить, что наличие данных поллютантов в почве не повлияет на рост растений.

До настоящего времени не изучена природа загрязнения НДМГ и НДМА в дикорастущих растениях (травах и полукустарниках), процессы накопления и аккумуляции ими загрязнителей. Территории мест аварий РН, а также штатных районов паде-

ния отделяющихся частей РН, где возможны проливы НДМГ применяются в качестве пастбищных угодий для домашнего скота, что вызывает риск передачи животным загрязнения по пищевой цепочке.

Учитывая существенные пробелы в данном вопросе, необходимо проведение экспериментальных исследований по установлению природы химического загрязнения дикорастущих растений и эксперименты по установлению закономерностей поведения НДМГ и НДМА в них.

Это позволит расширить представление о характере загрязнения НДМГ и НДМА растений, в том числе повторного, на площадях, подвергнутых историческим загрязнениям компонентами ракетного топлива, и на прилегающих к ним территориях.

Результаты исследований природы загрязнения растений НДМГ и НДМА, и факторов, влияющих на эти процессы будут способствовать разработке гигиенических нормативов НДМГ и НДМА в растениях, совершенствованию методов детоксикации почвы, позволят усилить санитарно-эпидемиологический контроль за загрязнением растительного покрова и предотвратить тем самым риски для животных, обитающих на территориях, подверженных воздействию РКД, а также жителей прилегающих территорий.

Список литературы:

- 1 Химия нитро- и нитрозогрупп / Под. ред. Г.Фойера. – М.: Мир. 1973. – Т. 2. – с.187-190.
- 2 Ушакова В.Г., Шпигун О.Н., Старыгин О.И. Особенности химических превращений НДМГ и его поведение в объектах окружающей среды // Ползуновский Вестник. – 2004. - № 4. – с. 177-184.
- 3 Смоленков А.Д. Новые подходы к хроматографическому определению гидразин и их производных в объектах окружающей среды: автореф. ... докт. хим. наук: 02.00.02. – М., 2014. – 46 с.
- 4 Касимов Н.С., Гребенюк В.Б., Королева Т.В., Проскуряков Ю.В. Поведение компонентов ракетного топлива в почвах, водах и растениях Н. С. Касимов, В. Б. Гребенюк, Т. В. Королева, Ю. В. Проскуряков // Почвоведение. — 1994. — № 9. — С. 110–120.
- 5 Ермаков Е.И., Панова Г.Г., Петрова З.М., Остапенко Н.С., Бойцова Л.В. Влияние несимметричного диметилгидразина на состояние почвенно-растительной системы. // Материалы научно-практической конференции «Экологические аспекты воздействия компонентов жидких ракетных топлив на окружающую среду». Санкт-Петербург, 12-15 сентября 1996 г. – СПб.: РНЦ «Прикладная химия», 1996. – с. 15-19.
- 6 Кондратьев А.Д. Влияние низких концентраций несимметричного диметилгидразина на активные формы кислорода в объектах окружающей среды: автореф. ... канд. хим. наук: 03.00.16 / Кубанский гос. аграрный университет. – Краснодар, 2005. – 16 с.
- 7 Байтулин И.О., Огарь Н.П. Оценка влияния трансформации растительности в зоне воздействия космодрома «Байконур» на основе полевых и экспериментальных исследований / Матер. научно-практ. конф. «Итоги выполнения программы по оценке влияния запусков ракет-носителей с космодрома «Байконур» на окружающую среду и здоровье населения». - Алматы-Караганда, 2006. - с. 30-40.
- 8 Байтулин И.О., Лысенко В.В., Бисариева Ш.С. Состояние растительности в районе падения фрагментов РН «Протон-М» (2007 г.) // Доклады НАН РК – 2013. - № 5. – С. 55-65.
- 9 Нурушева А.М. Изучение действия гептила (1,1 -деметилгидразина) на растительный организм в эксперименте / Матер. науч.-практ. конф. «Итоги выполнения Программ по оценке влияния запусков ракет-носителей с космодрома «Бай-

- конур» на окружающую среду и здоровье населения». – Алматы-Караганда, 2006. - С.99-102.
- 10 Экологическая безопасность деятельности космодрома «Байконур» / Под ред. д.т.н., академика МАНЭБ Ж. Жубатова. – Алматы, 2011. – 430 с.
 - 11 Жубатов Ж.К., Бисариева Ш.С., Товасаров А.Д., Бекешев Е.А., Толегенова Н.А., Агапов О.А. Оценка динамики загрязнения почвенно-растительного покрова компонентами ракетного топлива в районах аварийных падений ракет космического назначения // Матер. научно-практ. конф. «Обеспечение экологической безопасности ракетно-космической деятельности». - М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, 2011. – с. 74-79.
 - 12 Бисариева Ш.С., Жубатов Ж.К., Бекешев Е.А., Степанова Е.Ю., Агапов О.А. Экологическая оценка последствий аварийного падения РКН РС-20 «Днепр» в Кызылординской области // Гидрометеорология и экология. – 2012. – № 2. – С. 108-115.
 - 13 Реализация плана мероприятий Дополнения № 1 к Программе совместных работ по обеспечению экологической безопасности деятельности космодрома «Байконур» и социально-гигиеническому мониторингу населения, проживающего на прилегающих к космодрому территориях, на 2015-2017 гг., пункт 4.3 «Проведение сезонных биогеохимических исследований в районе аварийного падения РКН «Протон-М» и на прилегающих территориях и определение степени химического загрязнения растительного покрова НДМГ и продуктами его химической трансформации. Оценка восстановления растительности»: научно-техн. отчет (заключит.) / РГП «НИЦ «Гарыш-Экология»; научн. рук. Ж. Жубатов. – Алматы, 2017. – 122 с.
 - 14 Исследование природы загрязнения растений несимметричным диметилгидразином и токсичными продуктами его трансформации. Этап 1. Изучить характер химического загрязнения дикорастущих растений на местах аварий ракет-носителей (РН) «Протон-М» и оценить фитотоксичность почв: отчет о НИР. (промеж.) / РГП «НИЦ «Гарыш-Экология»; научн. рук. В.А. Козловский. – Алматы, 2018. – 135 с.

PERTINENT ISSUES OF POLLUTION PLANTS AT THE ROCKET FUEL-HEPTYL PASSAGE

O.A. Agapov¹, O.A. Fedorina¹, K.R. Uteulin²

¹RSE "SIC "Gharysh Ecology", Almaty, 050046, Republic of Kazakhstan
e-mail: infracos-kaz@mail.ru

²RSE "Institute of biology and biotechnology of plants", Almaty, Kazakhstan
e-mail: gen_uteulink@mail.ru

Abstract

The issues of pollution wild-growing plants at the rocket fuel – heptyl passage are considered in article. This study has the international and national mean as is logical continuation of Research Center "Gharysh Ecology" investigation on problems of space-rocket activity environmental safety. The topicality of the issues consists available risk of biotoxic fuel components transfer through a plant "on a food chain" to wild and a pet, threat to human health. The nature of feathering and behavior of heptyl (unsymmetric dimethylhydrazine, UDMG) and a nitrosodimethylamine (NDMA, a product of chemical transformation of heptyl) in plants is not established. The researches directed to the solution of this problem will promote development of standards of UDMG maximum-permissible concentration in plants and also to improvement of technology of a detoxication of the soil polluted by rocket fuel components.

УДК 550.837.3

ОПТИМИЗАЦИЯ ВОДНО-ХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА ПЕРВОГО КОНТУРА ВВЭР-1000

А.М. Акимов, С.А. Котельникова

*Севастопольский государственный университет, г. Севастополь, 299002, Россия,
e-mail: cvetlana.83@inbox.ru*

Технические требования к водно-химическому режиму первого контура действующих атомных электростанций с водо-водяными энергетическими реакторами ВВЭР-1000 при работе в 12-месячном, 15-месячном и 18-месячном топливных циклах, а также требования к качеству теплоносителя первого контура, подпиточной воды, воды бассейнов выдержки и перегрузки топлива установлен «Нормами качества теплоносителя и средствами их обеспечения» (стандарт организации СТО 1.1.1.02.005.0004-2012).

Водно-химический режим первого контура должен обеспечивать:

- подавление образования окислительных продуктов радиолиза при работе на мощности;
- коррозионную стойкость конструкционных материалов оборудования и трубопроводов в течение всего срока эксплуатации энергоблока;
- минимальное количество отложений на поверхностях тепловыделяющих элементов активной зоны реактора и теплообменной поверхности парогенераторов;
- минимизацию количества накоплений активированных продуктов коррозии;
- минимальное количество радиоактивных технологических отходов.

Для решения вышеперечисленных задач на атомных станциях РФ с ВВЭР-1000 используется слабощелочной восстановительный координированный аммиачно-калиевый ВХР с борным регулированием. Однако этот ВХР обладает как положительными качествами, так и недостатками.

Рассмотрим основные отличия ВХР-1 ВВЭР от ВХР-1 PWR:

- для компенсации кислотных свойств борной кислоты применяется гидроксид калия;
- водород образуется непосредственно в теплоносителе первого контура за счет радиолитического разложения аммиака, дозируемого в первый контур;
- в реакторе PWR водород дозируется в первый контур.

Положительные качества аммиачно-калиевого ВХР:

- коррозионная целостность оборудования первого контура;
- минимальные отложения круда на ТВС;
- низкие уровни загрязненности активированными продуктами коррозии.

Недостатки аммиачно-калиевого ВХР:

- неравномерность ведения ВХР в переходных режимах и в режиме маневрирования;
- неэффективное использование обменной емкости катионитной загрузки фильтров СВО;
- повышенное образование активных технологических отходов.

Причина недостатков – использование аммиака в качестве источника водорода. Неравномерность ведения ВХР демонстрируется зависимостью на рисунке 1.

Неэффективное использование объемной емкости катионитной загрузки фильтров СВО-2 в присутствии аммиака приведено на рисунке 2.

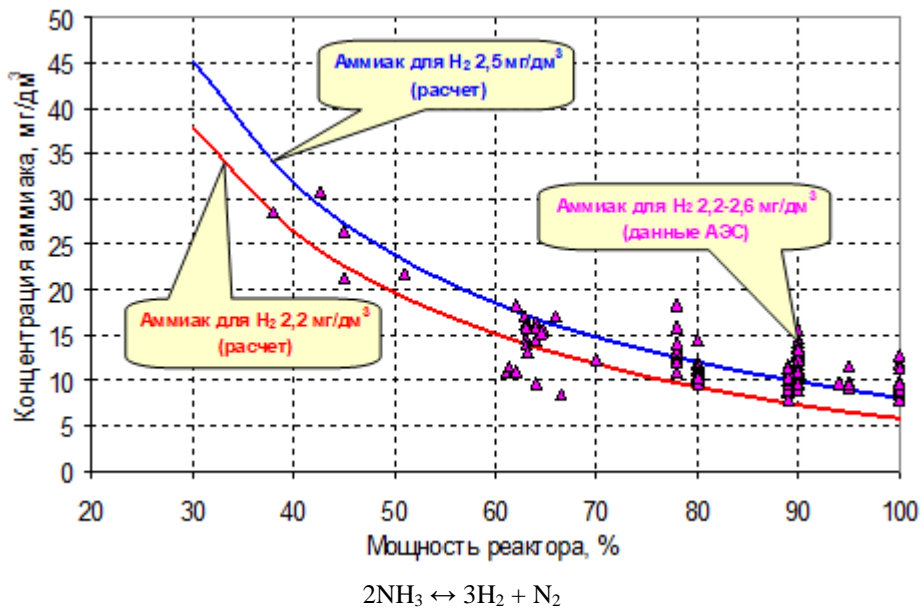


Рис. 1. Неравномерность ведения ВХР-1 АЭС с ВВЭР-1000

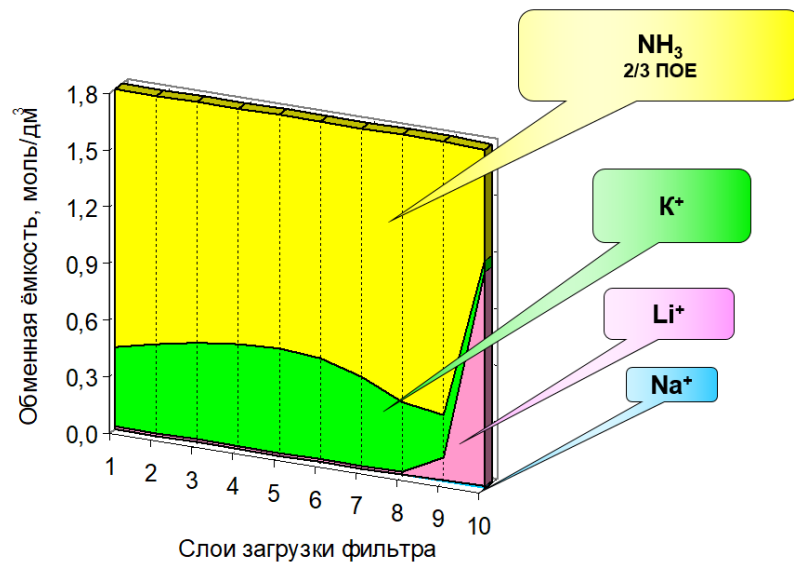
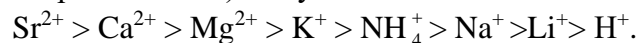


Рис. 2. Характер катионитной загрузки фильтров СВО-2 в присутствии аммиака

Распределение катионитной загрузки на катионитовом фильтре СВО-2 при очистке теплоносителя объясняется электрохимической подвижностью катионов ряда селективности (избирательности) как указано ниже



Это приводит к большому объему послерегенерационных растворов, т.к. для удаления из теплоносителя избыточных ионов щелочных металлов (K^+ , Na^+ , Li^+) в присутствии аммиака необходимо провести несколько регенерационных циклов, тем самым увеличивая объем жидких радиоактивных отходов (рисунок 3).

Вместе с тем применение растворов аммиака и гидроксида калия приводит к образованию в теплоносителе радиоактивных отходов, искусственно генерируемых, долгоживущих, β -активных изотопов ^{40}K и ^{14}C .

Приведем анализ образования ЖРО на АЭС с ВВЭР и на АЭС с РWR (Германия Эмсланд) с различными водно-химическими режимами 1 конура (таблицы 1, 2, 3).

Отличия в количестве образующихся ЖРО связаны:

- с организацией ВХР теплоносителя первого контура;

– с количеством борсодержащих вод на АЭС с ВВЭР, попадающих в трап с неорганизованными протечками.



Рис. 3. Влияние аммиака на образование отходов

Таблица 1

Образование трапных вод и кубового остатка

Один энергоблок	Электрическая мощность энергоблока, МВт	Годовое образование трапных вод*, м ³	Годовое образование кубового остатка ЖРО, м ³	Концентрация солей в кубовом остатке, %	Образование кубового остатка ЖРО на мегаватт установки, м ³
АЭС РФ с ВВЭР-1000	1000	12100	160	25	0,2
АЭС Эмсланд	1400	5500	10	25	0,007

* данные усреднения по блокам с ВВЭР-1000.

Таблица 2

Анализ образования ЖРО вследствие неорганизованных протечек

Один энергоблок	Нормируемая протечка, м ³	Фактическая протечка* за 2015 год	Масса борной кислоты, т
АЭС РФ с ВВЭР-1000	1747	1442	3,91
АЭС Эмсланд	по проекту - отсутствует	-	0,006

* данные усреднения по блокам с ВВЭР-1000.

Таблица 3

Анализ образования ЖРО вследствие особенностей организации ВХР

Один энергоблок	Количество образованных трапных вод за 2015 год, обусловленных регенерацией ионообменного материала, м ³
АЭС РФ с ВВЭР-1000	≈ 520
АЭС Эмсланд	-

В проекте В-320 объем образования неорганизованных протечек на энергоблоке ВВЭР-1000 заложен на уровне 0,2 т/час при эксплуатации.

Для энергоблоков с ВВЭР применяются регенерируемые иониты. Взрыхляющие, регенерационные, отмывочные воды являются прямыми жидкими радиоактивными отходами. На АЭС Эмсланд используются не регенерируемые иониты.

С целью устранения рассмотренных недостатков ВХР-1 ВВЭР-1000 целесообразно рассмотреть переход на прямое дозирование газообразного водорода в подпиточную воду.

Отказ от использования технологии накопления водорода за счет дозирования аммиака обеспечивает следующие преимущества:

- снижение количества жидких радиоактивных отходов за счет сокращения объема регенерационных растворов в системах переработки теплоносителя и трапных вод;
- снижение потребления ионообменных смол в системах очистки и переработки теплоносителя;
- повышение стабильности поддержания водородного показателя рН в теплоносителе, что обеспечит снижение загрязненности оборудования контура;
- снижение объема лабораторного контроля и упрощение внедрения систем автоматизированного контроля параметров ВХР первого контура;
- снижение выбросов ^{14}C , генетически значимого нуклида.

Преимущества ВХР первого контура с прямым дозированием водорода приведены в таблице 4.

Таблица 4

Показатели ВХР при работе на мощности с дозированием аммиака и дозированием водорода

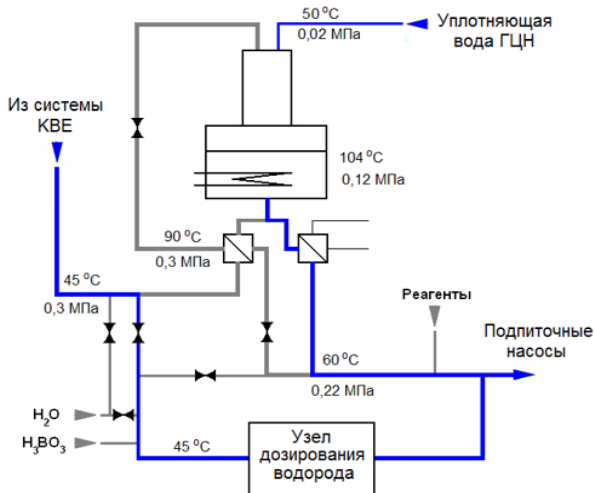
Нормируемые и диагностические показатели	Аммиачно-калиевый ВХР	ВХР ВВЭР-ТОИ
Водород, мг/дм ³	2,2 – 4,5	2,2 – 4,5
Кислород, мг/дм ³	< 0,005	< 0,005
Хлорид-ион, мг/дм ³	< 0,1	< 0,1
Сумма ионов щелочных металлов, ммоль/дм ³	0,02 – 0,55	0,02 – 0,55
Показатель рН (300 °С)	7,1±0,1	7,1±0,1
Железо, мг/дм ³	< 0,05	< 0,05
Сульфаты, мг/дм ³	< 0,1	< 0,1
Аммиак, мг/дм ³	3 – 20	< 1
Кальций, мг/дм ³	< 0,1	< 0,1
Кремниевая кислота, мг/дм ³	< 0,1	< 0,1
Общий органический углерод, мг/дм ³	< 0,5	< 0,5
Фторид-ион, мг/дм ³	< 0,1	< 0,1
Цинк, мг/дм ³	-	0,005 – 0,007
Удельная электропроводимость, мкСм/см	20 – 200	20 – 200

Схемный вариант системы прямого дозирования водорода в первый контур приведен на рисунке 4.

Выводы: Технология прямого дозирования водорода в первый контур ВВЭР-1000 (ВВЭР-1200), используемая для реакторов РWR, обусловлена основным недостатком существующего ВХР, а именно – использованием аммиака в качестве источника водорода.

Это приводит к:

- неравномерности ведения ВХР в переходных режимах и режиме маневрирования;
- неэффективному использованию обменной емкости катионитовой загрузки СВО (СВО-2,3);
- повышению образования активных технологических отходов.



Работа энергоблока на мощности

Расход продувки от 20 до 30 т/ч.

Расход уплотняющей воды ГЦН 5 т/ч.

Температура потока продувки из СВО-2 45 °С.

Рис. 4. Схемы движения и параметры основных потоков системы прямого дозирования

Список литературы:

1. Стандарт организации СТО 1.1.1.02.005.0004 – 2012 «Водно-химический режим контура энергоблоков атомных электростанций с реакторами ВВЭР-1000. Нормы качества теплоносителя и средств обеспечения» - М.: концерн «Росэнергоатом», 2012- 56с.
2. Акимов А.М., Котельникова С.А. Источники образования жидких радиоактивных отходов на АЭС Украины и перспективы снижения динамики их накопления: сборник статей технического семинара №4 (г.Одесса 31 октября – 1 ноября 2012 года). - Одесса, 2012 – С 3-6.
3. Акимов А.М., Ковалев Н.И. Оптимизация водно-химического режима первого контура АЭС // Материалы восьмой Международной научно-технической конференции «Водно-химический режим АЭС» (г. Москва, 23-25 октября 2012 г). – Москва, 2012 – С 22-27.

OPTIMIZATION OF AQUATIC CHEMICAL MODE OF THE FIRST VVER-1000 CIRCUIT

A.M. Akimov, S.A. Kotelnikova

Sevastopol State University, Sevastopol, 299002 Russia, e-mail: cvetlana.83@inbox.ru

Abstract

The advantages and disadvantages of the water-chemical regime of the primary circuit at nuclear power plants with WWPR and ways to improve the technology of the water-chemical regime are considered.

СОСТОЯНИЕ ЗООПЛАНКТОНА РАДИОАКТИВНО-ЗАГРЯЗНЕННОГО ВОДОЕМА В-4 ТЕЧЕНСКОГО КАСКАДА ВОДОЕМОВ ПО «МАЯК»

А.Е. Алдибекова¹, Д.И. Осипов¹, Е.В. Стяжкина²

¹ФГБУН «Уральский научно – практический центр радиационной медицины»

ФМБА РФ, г. Челябинск, 454076, Россия

²ФГБОУ ВО «ЧелГУ», г. Челябинск, Россия

Введение. Зоопланктон – пассивно дрейфующие в толще воды мелкие гетеротрофные организмы, быстро реагирующие на изменения качества водной среды. Поэтому зоопланктон часто используют для биоиндикации окружающей среды.

Имеется весьма ограниченное количество научных работ, посвященных реакции естественных зоопланктонных сообществ на радиационное воздействие [1-5]. Радиоактивно-загрязненные водоемы Теченского каскада ПО «Маяк», к которым относится водоем В-4, дают возможность изучения уникальной информации о реакции зоопланктона на хроническое радиационное воздействие.

Наиболее ранние сведения о зоопланктонных сообществах водоема В-4 относятся к 1951 – 1953 гг. [6], когда проводилась оценка состояния биоценоза Метлинского пруда, в последствие преобразованного в специальный промышленный водоем В-4, в начальный период радиоактивного загрязнения р. Теча. В период с 1953 по 2007 г. регулярных исследований биоценозов ТКВ не проводили. Изучение зоопланктонных сообществ водоема В-4 проводили с 2009 г. [7]. В работах были описаны представители трех основных групп: Rotifera, Cladocera и Copepoda. Согласно данным за 2009 г. в исследуемом водоеме В-4 за июль было обнаружено 7 видов зоопланктона, во всех пробах отмечены такие виды и формы как *F. longiseta*, *K. cochlearis*, *P. remata*, *T. pusilla* и неполовозрелые циклопиды. В 2010 г. было идентифицировано 20 видов. Наибольший процент встречаемости имели *B. angularis angularis*, *Br. diversicornis diversicornis* (Daday), *Filinia longiseta longiseta* (Ehrenberg) и *K. cochlearis cochlearis* (Gosse), эти виды присутствовали в пробах со всех станций.

Настоящая работа представляет собой продолжение наблюдений за состоянием зоопланктонных сообществ водоема В-4 и была направлена на изучение динамики численности и биомассы зоопланктона в вегетативный период (июнь-октябрь) в 2016г.

Материал и методы. Промышленный водоем В-4 располагается в Челябинской области, в районе ЗАТО г. Озерска. Водоём находится в санитарно-защитной зоне ПО «Маяк» и является водоемом-накопителем низкоактивных радиоактивных отходов ПО «Маяк» [8].

Водоем В-4 создан в пойме р. Течи путем укрепления берегов, плотины, строительства новых гидротехнических сооружений на месте существовавшего ранее Метлинского пруда и в таком виде как часть системы водоемов Теченского каскада эксплуатируется с 1956 г.

Морфометрические показатели исследуемого водоема приведены в таблице 1 [9].

Таблица 1

Характеристика водоема

Водоем	Отметка уровня воды (НПУ), м БС	Площадь водного зеркала при НПУ, км ²	Объем водоема при НПУ, млн м ³
В-4	219,80	1,3	4,0

Средние значения суммарной бета-активности в воде достигают 1×10^4 Бк/л. Расчетные значения мощности поглощенной дозы для зоопланктона исследуемых водоемов равнялись $4,6 \times 10^0$ мГр/сут [2]. Согласно данным [7] в водоеме В-4 также регистрируются высокие значения перманганатной окисляемости и биохимического потребления кислорода, что характерно для водоёмов с органическим загрязнением.

Исследование зоопланктона водоема Теченского каскада В-4 проводили дважды в июне, июле, августе и раз в месяц в сентябре и октябре 2016 г. Для этого было организовано 4 станции отбора проб: станция В-4/1 располагалась в верховье водоёма, где гидрологический режим приближён к речному; станция В-4/2 располагалась близко к центру водоёма; станция В-4/3 характеризовала особенности прибрежного биотопа; станция В-4/4 располагалась в наиболее глубокой и малопроточной части водоёма (Рис. 1.).

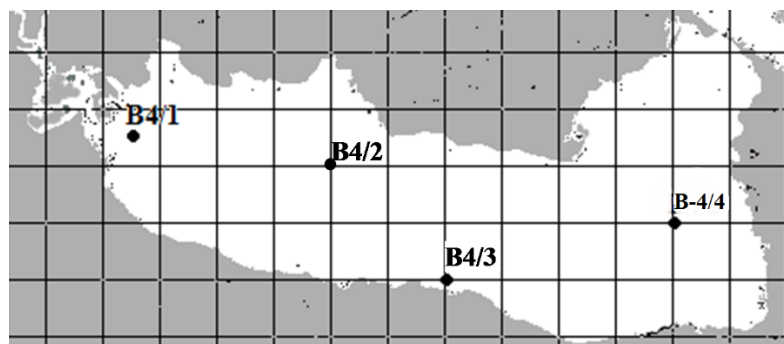


Рис. 1. Станции отбора проб водоема В-4.

Отбор проб зоопланктонных организмов для количественного и качественного анализа проводили методом средневзвешенных проб. Для отбора проб зоопланктона использовали батометр Руттнера и сачок из мельничного газа № 160. Отбор проб проводили с поверхности и далее через каждые 0,5 м до дна. Полученный объем пробы помещали в пластиковую емкость объемом 80-100 мл и фиксировали 7 мл фиксатора на основе раствора Люголя.

Анализ проб зоопланктона осуществлялся в лаборатории в соответствии с руководством [10] с использованием стереомикроскопа Discovery V12 и микроскопом AxioImager. Определение таксономической принадлежности организмов проводили с помощью определителей [11-13]. Измерения зоопланктонных организмов проводился одновременно с подсчетом в пробе образцов при помощи программного обеспечения Carl Zeiss. Определение численности проводили под микроскопом Discovery V12 с использованием камеры Богорова с последующим пересчетом численности видов в пробе на объем воды в 1 м^3 .

Определение биомассы зоопланктонных организмов проводили косвенным путем в программе Microsoft Excel. Используя вычисления индивидуальных масс особей каждого вида на основе степенных уравнений зависимости массы от линейных размеров для изометрического и аллометрического типов роста беспозвоночных согласно методическому руководству [14].

Для вычисления разнообразия сообщества определяли величину индекса Шеннона, для определения видового богатства водоёма использовали индекс Маргалёфа [15].

Результаты и обсуждение. В 2016 г. средняя температура поверхностных вод в июне-октябре составляла $20,9 \text{ }^\circ\text{C}$, максимальная прозрачность (отражающая, преимущественно, развитие фитопланктона) регистрировалась в начале июня и в октябре, минимальная прозрачность регистрировалась в августе (рис.2).

В 2016 году в водоеме В-4 было обнаружено 67 видов зоопланктона, из которых на коловраток (Rotifera) приходился 41 вид, ветвистоусых ракообразных (Cladocera)

– 12 видов и веслоногих ракообразных (Copepoda) – 14 видов. С июля по октябрь наибольшее среднее количество видов, идентифицированных на 1 станции, было зарегистрировано на станции В-4/1 (от 14 до 25 видов в разные периоды отбора проб) (табл. 2). В целом, среднее количество видов зоопланктонных организмов, по акватории водоема В-4 различалось не сильно и в среднем за весь период обследования составило 19 ± 1 вид.

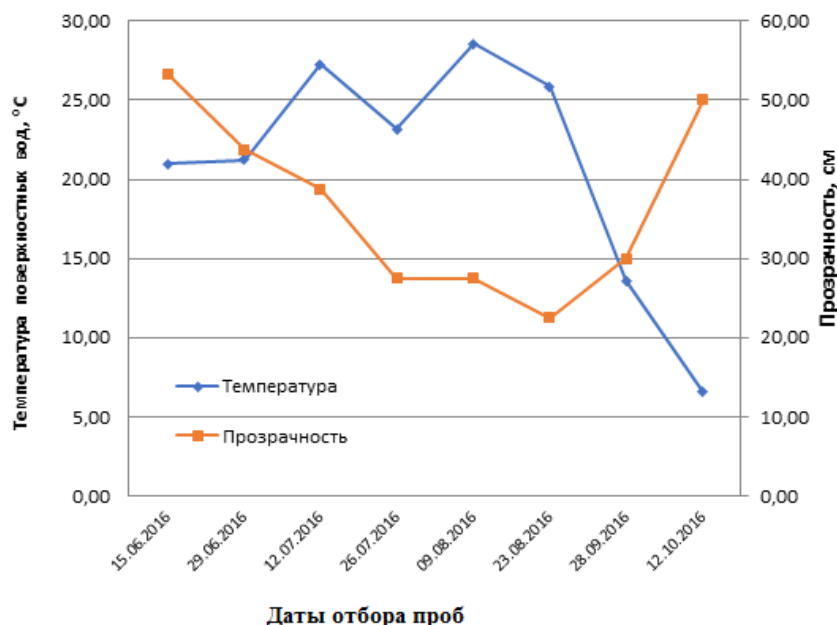


Рис. 2 Изменение температуры (°C) и прозрачности (см) по сезонам

Таблица 2

Количество видов на станциях отбора за сезон (2016 г.)

Станции отбора проб	В-4/1	В-4/2	В-4/3	В-4/4
Июнь	21	16,5	22	18
Июль	25,5	22	22	22,5
Август	22	21,5	20,5	22
Сентябрь	21	12	11	19
Октябрь	14	13	13	12

Наиболее общими для всех станций отбора проб (частота встречаемости >70%) были 8 видов коловраток, 2 вида ветвистоусых ракообразных и 2 вида веслоногих ракообразных (табл. 3).

Максимального численности зоопланктон водоема В-4 достигал в конце июня, на станции отбора В-4/3 (11930 тыс. экз./м³), где 96% численности зоопланктонного сообщества составляли коловратки. Как видно из рисунка 2 коловратки доминировали по численности вплоть до октября месяца, когда в зоопланктонном сообществе по численности стали преобладать ветвистоусые рачки (в октябре коловратки составили 45%, кладоцеры 50%, копеподы 5% от численности зоопланктонных организмов) (рис. 3).

В августе, когда регистрировалась максимальная температура поверхностных вод за исследуемый период (25,6 – 28,6 °C), и минимальная прозрачность воды (20 - 30 см) (за счёт массового развития фитопланктона) было зарегистрировано сокращение количества коловраток, по сравнению с результатами, полученными в относительно данных июля месяца (Табл. 4). В конце вегетационного периода общая численность зоопланктона составляла 510 тыс. экз./м³.

Таблица 3

Наиболее распространенные и общие виды зоопланктона для водоема В-4

Таксон	Представители
Rotifera	Anuraeropsis fissa fissa (Gosse, 1851) Filinia longiseta longiseta (Ehrenberg, 1834) Keratella cochlearis cochlearis (Gosse, 1851) Keratella cochlearis tecta (Gosse, 1851) Keratella quadrata (Muller, 1786) Polyarthra vulgaris (Carlin, 1943) Pompholyx sulcata (Hudson, 1885) Trichocerca pusilla (Lauterborn, 1898)
Cladocera	Bosmina longirostris (O. F. Muller, 1785) Chydorus sphaericus (O. F. Muller, 1785)
Copepoda	Eudiaptomus graciloides (Lilljeborg, 1888) Mesocyclops leuckartii (Claus, 1857)

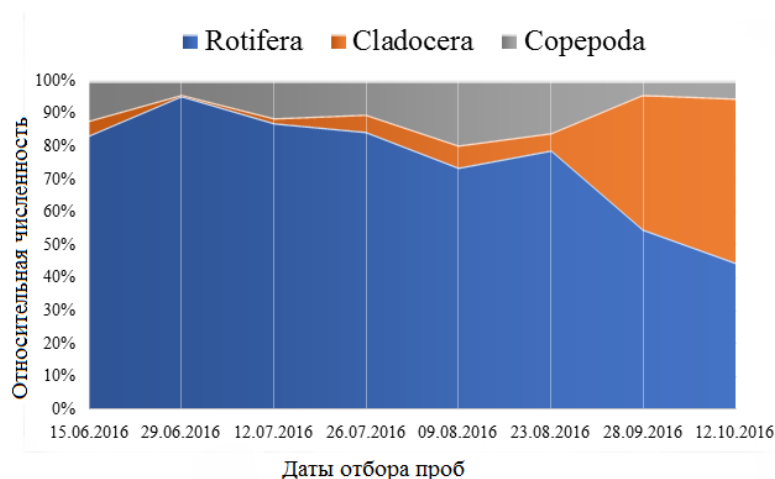


Рис. 3. Динамика относительной численности групп зоопланктона в 2016 г.

Таблица 4

Средняя численность (Ч, тыс. экз./м³) и биомасса (Б, мг/м³) зоопланктона водоема В-4 в течение вегетационного периода

Таксон	Июнь		Июль		Август		Сентябрь		Октябрь	
	Ч	Б	Ч	Б	Ч	Б	Ч	Б	Ч	Б
Rotifera	4920	410	4220	1820	2020	1240	450	100	180	130
Cladocera	70	920	110	2320	170	2020	360	1570	310	1880
Copepoda	260	950	360	1060	300	1640	40	130	20	70
Весь зоопланктон	5250	2280	4690	5200	2490	4910	850	1800	510	2080

На рисунке 4 и 5 представлена динамика численности и биомассы зоопланктона на каждой отдельной станции отбора проб в течение вегетационного периода.

Для станции В-4/1, расположенной в верховьях водоема, были характерны более низкие показатели количественного развития зоопланктона. В течение всего периода наблюдений по численности преобладали коловратки и составляя до 97 % от численности всех зоопланктонных организмов. Значение коловраток в формировании численности и биомассы зоопланктонного сообщества на этой станции усиливалось к концу лета. Станция В-4/2 характеризуется наибольшей численностью зоопланк-

тона в течение исследуемого периода. Здесь основной вклад в биомассу формировался представителями отряда клadoцер (от 20 % до 92 % от суммарной биомассы зоопланктона). На станции В-4/4 также, как и В-4/2 большую часть биомассы в течение вегетационного периода составляли представители ветвистоусых ракообразных, а именно *Bosmina longirostris* (O. F. Muller, 1785), *Ceriodaphnia pulchella* (Sars, 1862), *Chydorus sphaericus* (O. F. Muller, 1785), *Diaphanosoma mongolianum* (Ueno, 1938). В конце исследуемого периода доминирование по биомассе клadoцер в составе зоопланктона составило 84%.

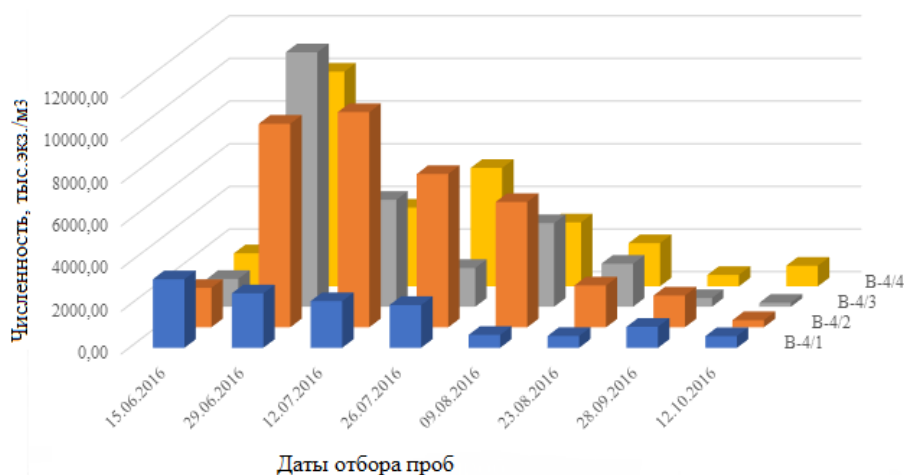


Рис. 4. Динамика численности зоопланктона на каждой отдельной станции отбора проб, тыс. экз./м³

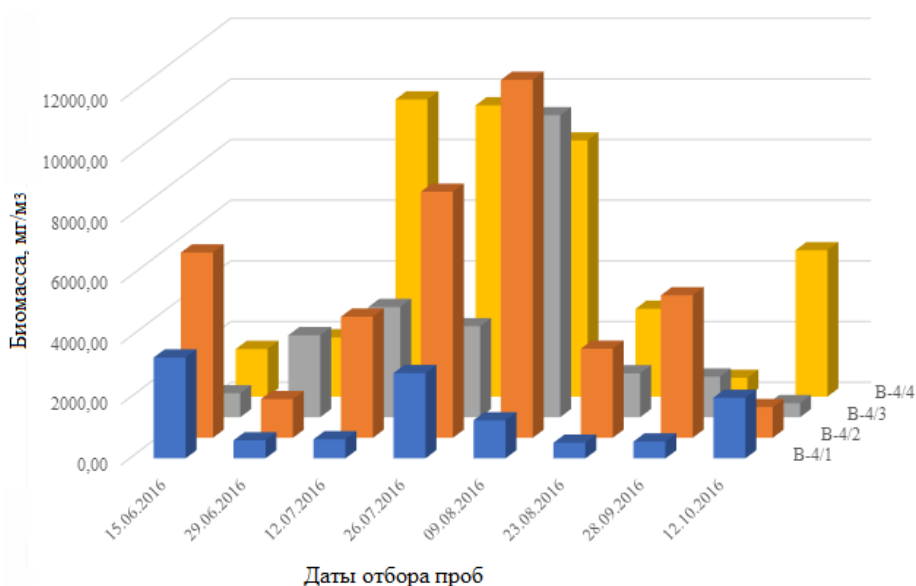


Рис. 5. Динамика биомассы зоопланктона на каждой отдельной станции отбора проб, мг/м³

При сравнении показателей зоопланктона в 2009, 2010 и 2016 гг. обращает на себя внимание повышение видового разнообразия зоопланктона за исследуемых период. В 2009 г. в июле в водоёме В-4 найдено 5 видов коловраток, и по одному виду клadoцер и копепод. В 2010 г. в водоёме В-4 коловраток было обнаружено 13 видов, клadoцер – 4 вида, копепод - 3 вида [7]. В 2016 году количество видов увеличилось до 40: коловраток -23 вида, ветвистоусых – 10 видов и веслоногих ракообразных – 7 видов. Наибольший процент встречаемости имели *Keratella cochlearis tecta* (Gosse, 1851), *Anuraeropsis fissa fissa* (Gosse, 1851), *Filinia longiseta longiseta* (Ehrenberg, 1834), *Trichocerca pusilla* (Lauterborn, 1898), *Mesocyclops leuckartii* (Claus, 1857).

В 2016 году средняя численность зоопланктон за июль составила 4700 тыс. экз./м³, что во много раз превышает данные за 2009 год (230±140 тыс. экз./м³). Био-

масса зоопланктона в водоеме В-4 с 2009 года претерпевала значительные изменения, составив в 2010 году в среднем $3,8 \pm 1,2$ г/м³, и в 2016 году 5,19 г/м³. Такие изменения видового разнообразия и количественных показателей развития зоопланктона, вероятно связаны со снижением уровня радиационного воздействия в 2016 г, по сравнению с 2009 и 2010 гг.

Заключение

1. Средняя численность зоопланктона водоема В-4 за исследуемый период (июнь-октябрь 2016 г.) составила 3280 тыс. экз./м³, биомасса 3580 мг/м³.

2. В 2016 году в водоеме В-4 было обнаружено 67 видов зоопланктона: 41 вид коловраток (Rotifera); 12 видов ветвистоусых ракообразных (Cladocera) и 14 видов веслоногих ракообразных.

3. Наибольшее видовое разнообразие было отмечено в июле и в августе месяце (Индекс Шеннона равнялся 2,7 и 2,9 соответственно), минимальное видовое разнообразие (Индекс Шеннона составил 1,9) было зарегистрировано в конце вегетационного сезона в октябре.

4. Регистрируется повышение видового разнообразия и количественного развития зоопланктона по сравнению с данными, полученными в 2009 и 2010 гг., что вероятно связано со снижением уровня радиационного воздействия.

Список литературы

1. Осипов Д. И. Влияние радиоактивного загрязнения на зоопланктон пресных водоёмов / Д. И. Осипов, Г. А. Тряпицына, Е. В. Стяжкина // Вопросы радиационной безопасности – 2011. – №. 5. – С. 37-49.
2. Тряпицына Г. А. Оценка радиационного воздействия на гидробионтов некоторых специальных промышленных водоемов ПО «Маяк» / Г. А. Тряпицына, С. С. Андреев, Д. И. Осипов и др. // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2012. – том 52. – №2. – С. 207-214.
3. Пряхин Е. А. Фито- и зоопланктон специального промышленного водоема В-9 (озеро Карачай) / Е. А. Пряхин, Г. А. Тряпицына, Н. И. Атаманюк, Д. И. Осипов и др. // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2012. – Том 52. – №4. – С. 419.
4. Осипова О. Ф. Современное состояние зоопланктона водоёма В-3 Теченского каскада водоёмов / О. Ф. Осипова, Д. И. Осипов, Е. А. Пряхин // Вестник Челябинского государственного университета. – 2013. – №7 (298). – Биология. – Вып.2. – С.195-196.
5. Алдибекова А.Е., Осипов Д.И., Стяжкина Е.В. Состояние зоопланктонных сообществ радиоактивно-загрязненных водоемов ПО «Маяк» // Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2018, сборник статей международной научно-практической конференции, 24 – 27 сентября 2018 г., с.55-59.
6. Марей А.Н., Ильин Д.И., Кардеева А.А., Лукачер Г.Я., Липеровская Е.С., Дяченко В.Н., Губин В.А., Истомина А.Г., Меркулова Т.Н., Корзухина И.А., Голубитская Н.Н., Горелов И.И. Влияние промышленных стоков завода им. Менделеева, сбрасываемых в р. Теча, на санитарные условия жизни и здоровье населения прибрежных пунктов: Отчет / ЦНИЛ, лаб. 4, 6, 12, ИБФ, институт гигиены труда АМН СССР. – М., 1952. – 210 л
7. Осипов, Д. И. Характеристика количественного развития и видового разнообразия зоопланктонных сообществ водоёмов с разным уровнем радиоактивного загрязнения / Автореферат диссертации на соискание канд. Биол. наук (03.00.01). – Москва, 2011.
8. Экологический паспорт промводоёма В-4 / Каргаполов В.С., Пономарева Р.П., Солдатов Б.В. и др. – Озерск, ПО «Маяк», 1997. – 17 с.
9. Мокров Ю. Г., Алексахин А. И. Деятельность ФГУП «ПО «Маяк» по обеспечению безопасной эксплуатации Теченского каскада водоёмов Вопросы радиационной безопасности 2018, №4 с.13-28

10. Абакумов, В. А. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем / В. А. Абакумов. – СПб : Гидрометеиздат, 1992. – 318 с.
11. Кутикова, Л. А. Коловратки фауны СССР (Rotatoria). Подкласс Eurotatoria (отряды Ploimida, Monimotrochida, Paedotrochida) / Л. А. Кутикова - Л. : 1970. – 744 с.
12. Рогозин, А. Г. Коловратки (Rotifera) Челябинской области. – Миасс, 1995. – 127 с.
13. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий / под ред. С. Я. Цалолихина. Т. 1. Низшие беспозвоночные. – СПб., 1994. – 395 с.
14. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоёмах. Зоопланктон и его продукция. – Л., 1984. – 33 с.
15. Шитиков, В. К. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации / В. К. Шитиков, Г. С. Розенберг, Т. Д. Зинченко. – Тольятти, 2003. – 463 с.

**THE STATE OF THE ZOOPLANKTON OF THE RESERVOIR B-4
OF THE TECHENSKY CASCADE OF RESERVOIRS.**

A.E. Aldibekova¹, E.V. Styazkina², D.I. Osipov¹

¹*Urals Research Center for Radiation Medicine, Chelyabinsk, Russia*

²*Chelyabinsk State University, Chelyabinsk, Russia*

Abstract

The radioactively polluted reservoirs of the Techensky cascade of the Mayak PO, which includes the B-4 reservoir, make it possible to study unique information about the reaction of zooplankton to chronic radiation exposure. In 2016, 67 species of zooplankton were found in the B-4 reservoir: 41 species of rotifers (Rotifera); 12 species of crustaceans (Cladocera) and 14 species of copepods.

An increase in species diversity and quantitative development of zooplankton is recorded compared with data obtained in 2009 and 2010, which is probably associated with a decrease in the level of radiation exposure.

ЭФФЕКТ ТЕРМОПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ МОНОСУЛЬФИДА ГЕРМАНИЯ С УЧАСТИЕМ ПРИМЕСЕЙ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

А.С. Алекперов, Р.Ф. Мамедова, О. М. Гасанов

*Азербайджанский государственный педагогический университет,
Баку, Az 1000, Азербайджан, e-mail: aydin60@inbox.ru, 1959oktay@mail.ru*

Проведенные нами исследования показывают, что область применения слоистого монокристалла GeS можно расширить с помощью примесных атомов редкоземельных элементов (РЗЭ). Это удалось, благодаря уникальным свойствам комплексобразования и самокомпенсации (СК) РЗЭ с атомами и дефектами собственной матрицы моносulfида германия [1], так как электрически активные примеси РЗЭ способствуют появлению дополнительного количества компенсирующих дефектов и уменьшению концентрации носителей заряда.

Таким образом, СК РЗЭ собственными дефектами является ярким примером взаимодействия примесей и дефектов через электронную систему. Большой ковалентный радиус РЗЭ и образованных ими соединений с другими примесями в случае попадания их в твердую фазу приводит к деформации кристаллической решетки. При этом увеличивается степень микронеоднородности – квазиупорядочность [2]. Благодаря этому качеству температурная зависимость фототока моносulfида германия с редкоземельными примесями отличается от самого монокристалла GeS.

Исследованиям были подвергнуты специально нелегированные слоистые, высокоомные ($10^6 - 10^8$ Ом·см) монокристаллы и легированные РЗЭ монокристаллы $Ge_{1-x}Ln_xS$ ($x=0,005$; Ln - Nd,Sm,Gd) дырочного типа проводимости, полученные методом Бриджмена в замкнутых эвакуированных кварцевых ампулах. Тонкие (0,2 мм) пластинки размерами 5x10мм имели атомногладкие грани (001). Для изучения температурной зависимости фототока на естественные грани (001) исследуемых кристаллов наносились аквадаговые, либо индиевые контакты. Температурные зависимости различных монокристаллов снимались при освещении $L=10^3$ лк. Низкотемпературные измерения проводились с помощью терморегулируемого криостата. Температура образца поддерживалась электронным управлением тока нагревателя. Для нормальной работы важно поддержание заданного давления в криостате, что обеспечивается откачной системой. Температура образца в криостате измерялась платиновым датчиком марки ИС-568А, сопротивление которого меняется линейным законом в данном температурном интервале. Фототок, генерированный в кристаллах, усиливался тераомметром марки Е6-13 и регистрировался универсальным вольтметром В7-21. Источником освещения выбрали лампу накаливания ПЖ-27.

Температурная зависимость фототока как для самого моносulfида германия, так и для монокристаллов $Ge_{1-x}Ln_xS$ снимались при одинаковой освещенности (10^3 лк) белым светом. Температурная зависимость фототока монокристалла GeS существенно отличается от температурной зависимости $Ge_{1-x}Ln_xS$. Температурная зависимость фототока GeS можно условно разделить на три участка (рис.1). На первом участке (125-200К) фототок практически не меняется. На втором температурном участке (200-250К) фототок уменьшается, где имеет место оптическое (ИК-) гашение фототока. Наконец, на третьем участке (250-350К) фототок резко увеличивается – идет процесс термической активации.

На рис.1. представлены температурные зависимости фототока монокристаллов $Ge_{0,995}Ln_{0,005}S$ (где Ln-Nd,Sm,Gd) измеренные при идентичных условиях. Сравнивая рис.1 и рис.2. видно существенное различие в характере температурной зависимости фототока GeS и $Ge_{1-x}Ln_xS$. В области температур ниже максимума (125-320К) фото-

ток увеличивается с единственной энергией активации $E=0,40\text{эВ}$, которая всегда меньше термической энергии активации темновой проводимости ($E_a=0,68\text{эВ}$). В области температур выше максимума (320-350К) фототок резко падает с энергией активации $E=0,2\text{эВ}$ и кристалл теряет фоточувствительность, электропроводность монокристалла носит металлический характер.

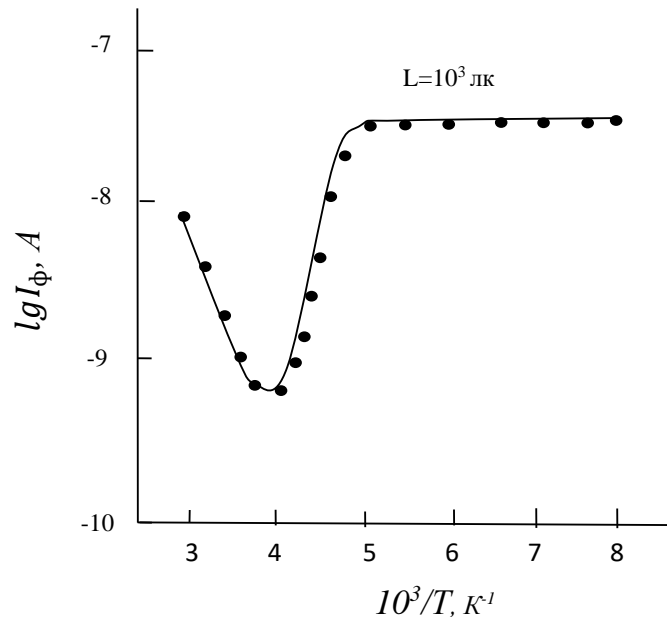


Рис. 1. Температурная зависимость фототока высокоомного кристалла GeS.

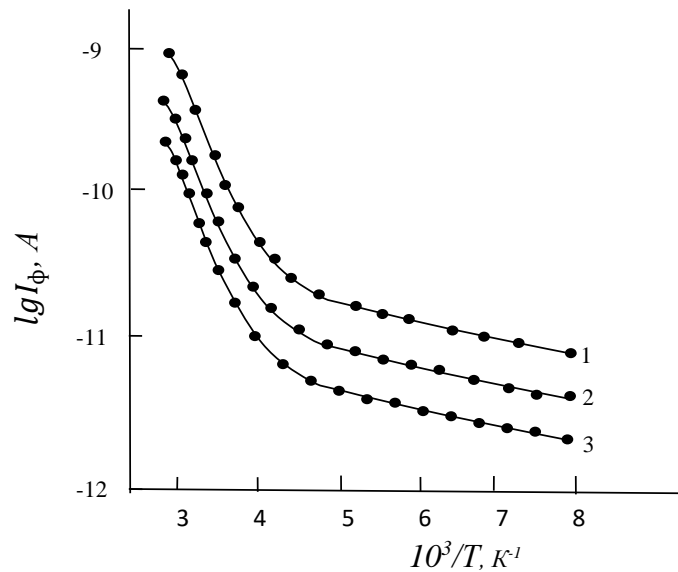


Рис. 2. Температурная зависимость фототока монокристалла $\text{Ge}_{1-x}\text{Ln}_x\text{S}$: 1 - $\text{Ge}_{0,995}\text{Gd}_{0,005}\text{S}$; 2 - $\text{Ge}_{0,995}\text{Sm}_{0,005}\text{S}$; 3 - $\text{Ge}_{0,995}\text{Nd}_{0,005}\text{S}$.

После охлаждения фотопроводника до комнатной температуры фотопроводимость слоистого монокристалла $\text{Ge}_{1-x}\text{Ln}_x\text{S}$ (Ln-Nd,Sm,Gd) восстанавливается. Следует отметить, что температура термopереключения монокристалла $\text{Ge}_{1-x}\text{Ln}_x\text{S}$ из фоточувствительного состояния в металлическое ничтожно зависит от рода РЗЭ.

Отмеченные выше для GeS закономерности фотопроводимости типичны для высокоомных широкозонных полупроводников и находят свое объяснение в рамках двухцентрoвой модели, предложенной Роузом [3]. Эта модель в полной мере отражает основные особенности фотоэлектрических свойств полупроводников со сложной структурой локальных центров в запрещенной зоне.

Рассмотрим модель полупроводника р-типа (следует отметить, что все исследуемые монокристаллы являются полупроводниковыми материалами) с двумя типами центров рекомбинации: г-центры (то есть «активирующие» или очувствляющие центры) имеют значительно меньшее сечение захвата дырок, чем s-центры (центры быстрой рекомбинации). Сечение захвата электронов этими центрами могут отличаться не столь резко:

$$S_{pr} \ll S_{ps}; S_{nr} \approx S_{rs}$$

Предполагается, что г- и s- центры в полупроводнике р-типа расположены достаточно глубоко в запрещенной зоне (ниже уровня Ферми) и отличаются, кроме S_p и S_n , энергетическим положением и темновым заполнением.

Если полупроводник освещается светом постоянной интенсивности из области фундаментального поглощения при достаточно низких температурах, вероятность захвата электрона на г-центры превышает вероятность его термического возбуждения в зону проводимости. Таким образом, процесс рекомбинации свободных носителей заряда и время их жизни контролируются главным образом г-центрами. С понижением температуры реализуется термический переход г-центр → зона проводимости и электроны начинают перелокализовываться на s-центры, где вероятность их рекомбинации со свободными дырками больше, что приводит к уменьшению времени жизни носителей заряда и к температурному гашению фототока (ТГФ) [4]. Окончание ТГФ соответствует практически полному исключению г-центров из процесса рекомбинации – они превращаются в центры прилипания для дырок. Дальнейший рост температуры приводит к термическому выбросу захваченных носителей заряда в зону проводимости, при этом начинает проявляться участок термической активации.

Как видно из рис.2, температурная зависимость фототока в кристаллах $Ge_{1-x}Ln_xS$ резко отличается от подобной зависимости фототока от GeS. Это, прежде всего, связано с «поведением» примесных атомов РЗЭ (Nd, Sm, Gd) в матрице GeS. Проведенные многочисленные исследования подтвердили значительную роль 4f-электронов РЗЭ в образовании химической связи, что ранее почти полностью отрицали [5]. Целый ряд фактов (рентгеноэлектронные спектры, нейтронография) указывают на то, что, несмотря на малые размеры 4f-оболочек и сильное экранирование их замкнутыми 5s-, 5p- электронными оболочками, 4f-электроны гибридизируются с валентными оболочками соседних атомов и дают заметный вклад в химическую связь. Благодаря гибридизации атомы РЗЭ образуют различного рода комплексы [6]. Такие комплексы обладают достаточно высокой устойчивостью и оказывают существенное влияние на свойства полупроводника, являясь эффективными центрами рекомбинации, и, определяя в значительной мере степень компенсации, фоточувствительность и ряд других характеристик материала. В этом отношении хорошие результаты дают легирование как изовалентными примесями, как и примесями РЗЭ.

Комплексообразование сопровождается также СК, которая позволяет получать высокоомные, фоточувствительные материалы. В нашем случае примесные атомы РЗЭ увеличили удельное сопротивление GeS на два-три порядка. Глубокая СК характерна для всего класса $A^{IV}B^{VI}$ соединений, в том числе моносульфида германия. Более широкозонные материалы с более «мягкой» решеткой подвергаются СК в большей степени. Мягкость кристаллической решетки GeS способствует более высокой диффузии ионов РЗЭ по всему объему кристалла. Кластеры атомов РЗЭ образуют глубокие уровни прилипания и рекомбинации. С увеличением температуры происходит эффективное опустошение этих уровней, термический выброс захваченных носителей в зону проводимости и потеря фоточувствительности.

Проведенные нами исследования подтвердили, что температурная зависимость фото-тока при постоянной освещенности слоистого, высокоомного монокристалла GeS объясняется в рамках двухцентровой модели. С увеличением температуры

наблюдается температурное гашение фототока, затем процесс сопровождается активацией фототока.

Легированные атомы РЗЭ, благодаря СК и комплексообразованию, создают в матрице кристалла GeS рекомбинационные центры, где эти центры превращаются в уровни прилипания для носителей. Под действием температуры происходит эффективное опустошение этих уровней и термический выброс носителей тока в зону проводимости. Выше температуры 330К монокристаллы $\text{Ge}_{0,995}\text{Ln}_{0,005}\text{S}$ (Ln-Nd,Sm,Gd) теряют фоточувствительность. Этот процесс носит обратный характер, так как после охлаждения монокристалла до комнатной температуры фоточувствительность монокристаллов восстанавливается. Это позволяет использовать монокристаллы GeS с примесями РЗЭ как термопереключатель фототока.

Таким образом, в результате исследований в этой области, мы получили следующие результаты:

1. Примесные атомы РЗЭ создают в матрице GeS рекомбинационные центры.
2. В отличие от монокристалла GeS, монокристаллы $\text{Ge}_{1-x}\text{Ln}_x\text{S}$ теряют фоточувствительность выше температуры 330К.
3. Переход полупроводник-металл носит обратный характер, что позволяет создать на основе этих кристаллов термопереключатель.

Список литературы:

1. Жузе В.П., Шелых А.И. Оптические свойства и электронная структура полупроводниковых сульфидов и окислов редкоземельных металлов // ФТП. 1989. Т.23. В.3. С.393-415.
2. Potpenke J.S., Klein P.B., Janden D.W. Rare Earth Doped Semiconductors, MRS Symposium Proc. // (Pittsburg, USA, 1993) V.301.
3. Роуз А. Основы теории фотопроводимости. – М.: Мир, 1996.С.192.
4. Любченко А.В., Шейнкман М.К. Определение параметров центров прилипания в полупроводниках по температурной зависимости фототока // УФЖ. 1973. Т.18. №1. С. 134-139.
5. Байрамов Б.Ч., Захаренко Л.Ф., Ильменков Г.В., Мастеров В.Ф., Топоров В.В. О влиянии РЗЭ на свойства объемных монокристаллов. //ФТП. 1989. Т. 23. В.8. С.1496-1499.
6. Мастеров В.Ф. Электронная структура примесей редкоземельных элементов в соединениях АПВ. // ФТП. 1993. Т.27. В.9. С.1435-1452.

EFFECT OF THERMAL SWITCHING OF GERMANIUM MONOSULFIDE WITH PARTICIPATION OF RARE-EARTH ELEMENTS IMPURITIES

A.S. Alekperov, R.F.Mamedova, O.M.Ghasanov

Azerbaijan State Pedagogical University, Baku, Az 1000, Azerbaijan

e-mail: aydin60@inbox.ru, 1959oktay@mail.ru

Abstract

The studies were subjected to specially high-resistivity ($10^6 - 10^8 \text{ Ohm}\cdot\text{cm}$) undoped layered single crystals and p-type $\text{Ge}_{1-x}\text{Ln}_x\text{S}$ ($x=0,005$; Ln - Nd, Sm, Gd) single crystals doped with REE, obtained by the Bridgman method in closed, evacuated quartz ampoules. Our studies have concluded that the temperature dependence of the photocurrent at constant illumination of the high-resistivity layered GeS single crystal is explained in the framework of the two-center model. At low temperatures as the temperature increases, temperature quenching of the photocurrent is observed, then the process is accompanied by the photocurrent activation.

УДК 621.577

**ПРИМЕНЕНИЕ «ЗЕЛЕННЫХ» ТЕХНОЛОГИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ
ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ОБЪЕКТОВ В
ПРОМЫШЛЕННОСТИ, СОЦИАЛЬНОЙ СФЕРЕ И АГРАРНОМ
СЕКТОРЕ ПАВЛОДАРСКОЙ ОБЛАСТИ**

А.Ш. Алимгазин¹, С.Г.Алимгазина²

¹*Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Республика Казахстан,
г. Нур-Султан (Астана), e-mail: alimgazin_altai@mail.ru*

²*ТОО «БМТУ», Республика Казахстан, г. Нур-Султан (Астана),
e-mail: s.baktiyarova@mail.ru*

Учеными НИИ «Энергосбережение и энергоэффективные технологии» (далее – «ЭиЭТ») ЕНУ им. Л.Н.Гумилева совместно со специалистами ТОО «БМТУ» в течение 2010-2018 г.г. разработаны научно-практические основы применения «зеленых» технологий на базе тепловых насосов с использованием нетрадиционных и возобновляемых источников энергии (далее – НВИЭ) для энергообеспечения различных объектов в промышленности, бюджетной сфере, аграрном секторе, малом и среднем бизнесе [1-18].

Разработана уникальная технология, запатентованная как в России, так и в Республике Казахстан и готовая к внедрению [11-13].

В 2016-2017 годах предлагаемая «зеленая» технология, пройдя многоступенчатый отбор в Министерстве энергетики, Министерстве образования и науки Республики Казахстан, в числе 25 лучших научных проектов ученых страны представлена в Национальном павильоне «Нур Алем» Международной выставки ЕХРО-2017 [11-13].

Теплонасосные установки (далее -ТНУ) с использованием альтернативных источников энергии в модульной комплектации представляют собой металлические утепленные контейнеры с установленным внутри теплонасосным оборудованием.

Учеными Университета и ТОО "БМТУ" разрабатывается *Программа внедрения «зеленых» технологий в Республике Казахстан на 2018-2020 годы* с использованием альтернативных источников энергии для повышения эффективности:

- тепло- и хладоснабжения конкретных пилотных объектов в промышленности, аграрном секторе и социальной сфере в Павлодарской области и других регионах Республики Казахстан;

- снижение воздействия на окружающую среду на региональном уровне

Основные направления внедрения инновационных «зеленых» технологий в Павлодарской области с использованием альтернативных источников энергии:

Промышленные предприятия региона (ТОО «KSP Steel», Аксуский завод ферросплавов – филиал АО «ТНК «Казхром», АО «Аксуская ГРЭС» и др.) – источник теплоты – низкопотенциальная сбросная вода систем технического водоснабжения (СТВ) предприятий.

Объекты бюджетной сферы (учреждения образования, здравоохранения, культуры, спорта, административные здания и т.д.) – источник теплоты – низкопотенциальная теплота грунтовых вод, геотермальных артезианских источников, теплота грунтов, вентиляционных выбросов и т.д.

Объекты малого и среднего бизнеса (далее – МСБ): (теплицы, фермерские хозяйства, гостиницы, кафе, коттеджи и др.).

В период с 2014 г. по настоящее время учеными и специалистами НИИ «ЭиЭТ» ЕНУ им.Л.Н.Гумилева, ТОО «БМТУ» проводятся НИР по определению возможно-

стей применения теплонасосных технологий с использованием сбросной теплоты промышленных предприятий Павлодарской области. Внедрение ТНУ на вышеуказанных объектах обеспечит возможности повышения эффективности работы теплоэнергетического оборудования станций, и даст государству значительную экономию бюджетных средств [1-17].

Цели данных исследований:

1. Повышение энергетической и экономической эффективности работы металлургического предприятия ТОО «KSP Steel» при утилизации низкопотенциального сбросного тепла системы оборотного водоснабжения (СОВ) предприятия.

2. Внедрение энергосберегающих теплонасосных технологий с использованием альтернативных источников теплоты для более глубокого охлаждения оборотной воды на ТОО «KSP Steel» и сокращения затрат предприятия на приобретение тепловой и электрической энергии от ТЭЦ.

В настоящее время существующая схема энергообеспечения производственной фирмы ПФ ТОО «KSP Steel» осуществляется за счет покупной тепловой и электрической энергии с ТЭЦ-3 г. Павлодара (пар, горячая вода), предприятие ежегодно затрачивает значительные средства на покупку тепловой (примерно 46 Гкал/час) и электрической энергии (порядка 3 млрд. тенге – данные март 2016 г.).

В то же время существующие вентиляторные градирни системы оборотного водоснабжения (СОВ) предприятия выбрасывают в атмосферу значительные объемы тепловой энергии (по нашим оценкам, порядка 280-600 Гкал/час), при этом существенны затраты предприятия на покупку электрической энергии для работы градирен.

При этом физическое тепло водооборотных систем, которое через градирни выводится в атмосферу, безвозвратно теряется, что также экономически нецелесообразно.

Получение с помощью ТНУ значительного количества собственной теплоты с температурой до 60-75⁰С также даст возможность экономии большого объема электроэнергии, покупаемой в настоящее время на ТЭЦ-3 г. Павлодара для обеспечения бесперебойной работы вентиляторного оборудования градирен.

Круглогодичное применение данной технологии планируется для получения альтернативной тепловой энергии для теплоснабжения объектов предприятия с использованием оборотной воды системы в качестве низкопотенциального источника для тепловых насосов.

Потенциал энергосбережения: Обратная вода с расходом 28 000 м³/ч и температурой до 45⁰С.

Техническое решение: использование оборотной воды в качестве низкопотенциального источника для тепловых насосов. Монтаж и запуск теплонасосной технологии для выработки тепла и охлаждения оборотной воды с 45⁰С до 25⁰С.

Результат: экономия тепловой энергии, получаемой с ТЭЦ.

Согласно предварительной информации, существующая схема теплоснабжения предприятия осуществляется за счет *покупной тепловой энергии* с ТЭЦ-3 г. Павлодара (пар, горячая вода).

Охлаждение оборотной воды в объеме 28 000 м³/час от температуры +45⁰С (зимой) и +35⁰С (летом) до температуры +25⁰С осуществляется от вентиляторных градирен, на что затрачивается в течение года *значительное количество покупной электроэнергии* от ТЭЦ.

Ожидаемые результаты. Применение теплонасосных технологий на ПФ ТОО «KSP Steel» позволит вернуть в систему теплоснабжения предприятия значительные объемы безвозвратно теряемого тепла без дополнительного сжигания традиционных видов топлива, что позволит получить существенный экономический эффект, отка-

заться от покупок тепловой и электрической энергии извне, при этом уменьшая тепловое загрязнение окружающей среды.

Для реализации энергосберегающих мероприятий и повышения эффективности работы технологического оборудования ТОО «KSP Steel» предлагается следующий вариант использования низкопотенциального сбросного тепла промышленных вод:

- использование оборотной воды в качестве низкопотенциального источника для тепловых насосов с целью выработки необходимого количества тепла до 70⁰С для нужд теплоснабжения предприятия;

- одновременно работа тепловых насосов "захлаживает" оборотную воду (условно чистую воду) и тем самым снижает затраты на содержание вентиляторных градирен, а также гарантирует в летнее время более глубокое ее охлаждение.

Получение с помощью ТН значительного количества собственной теплоты с температурой до 65-70⁰С также даст возможность экономии большого объема электроэнергии, покупаемой в настоящее время на ТЭЦ для обеспечения бесперебойной работы вентиляторного оборудования градирен.

В период 2017-2020 годы г.г. в ЕНУ им.Л.Н.Гумилева и ТОО «БМТУ» реализуется грантовый проект АО «Фонд науки» «Проект коммерциализация пилотного образца новой блочно-модульной теплонасосной установки (далее - БМТУ) тепловой мощностью 400 кВт для утилизации низкотемпературных тепловых отходов технологических процессов».

Тепловой насос GSHP-400 изготовлен в КНР, доставлен в марте 2018 г. в Республику Казахстан, проведено оформление необходимой документации, прохождение таможенного контроля, приемка и его размещение на склад временного хранения (далее – СВХ) г. Павлодара.

За отчетный период членами рабочей группы проекта проведены ряд встреч с руководством ТОО «KSP Steel», трубопрокатного производства по вопросам практической реализации проекта, согласования вопросов места установки и врезки БМТУ в действующие инженерные сети предприятия, в частности в систему оборотного водоснабжения (СОВ), откуда осуществляется подвод низкопотенциальной сбросной теплоты к БМТУ.

Аналогичные работы в 2018-2019 годах проводятся и на Аксуском заводе ферросплавов (АЗФ) – филиале АО "ТНК "Казхром".

Согласно Протокола от 23.07. 2018 г., ряда встреч с руководством АЗФ, намечена Программа внедрения тепловых насосов (ТН) на предприятии, учеными НИИ «ЭиЭТ» и ТОО «БМТУ» проведены расчеты применения ТН как в плавильном цехе №4 (тепловая мощность 1,27 Гкал/час), так и для нужд всего АЗФ (тепловая мощность 43 Гкал/час). Предлагаемая Программа в настоящее время рассматривается руководством АО «ТНК Казхром» с целью ее возможной практической реализации на АЗФ в ближайшие годы.

Объекты бюджетной сферы, малого и среднего бизнеса Павлодарской области

В течение весны-осени 2018 г. проведены запротоколированные встречи с акимом Павлодарской области Бакауовым Б.Ж., акимами г. Павлодара, г.Экибастуза, г. Аксу, по результатам которых управление энергетики и ЖКХ областного акимата совместно с НИИ «ЭиЭТ» и ТОО «БМТУ» разрабатывается региональная Программа внедрения тепловых насосов.

В октябре – ноябре 2018 г. в детском экотехноцентре «Аксу», инновационном проекте по реализации природоохранной и научно-технической деятельности в городе Аксу, учеными НИИ "ЭиЭТ" и ТОО "БМТУ" введены в эксплуатацию 2 тепловых насоса мощностью 15, 20 кВт (объекты – контактный зоопарк площадью 188 м², биотеплица – 155 м²) вместо ранее действовавших угольных котельных на этих объектах.

По данным гидрогеологических исследований в ряде регионов Павлодарской, Алматинской, Туркестанской и других областей РК имеется большое количество артезианских и геотермальных скважин с достаточным дебетом самоизливающейся воды и температурой от $+20^{\circ}\text{C}$ до 35°C .

Предложена к внедрению на объектах социальной сферы и аграрного сектора в пилотных сельских населенных пунктах Павлодарской области и других регионов РК конкретная технология и схемы применения ТНУ с использованием в качестве источника теплоты энергии геотермальных скважин с t от $+25^{\circ}\text{C}$ до $+35^{\circ}\text{C}$.

В настоящее время нашими учеными и специалистами начата разработка проекта внедрения ТНУ с целью обеспечения теплом вышеуказанных объектов и, в перспективе, возможно обеспечение теплом и других объектов поселка, в т.ч. жилых домов, с использованием альтернативных источников энергии. Предлагаемые решения для конкретного региона (Успенский район – граница Качирского района) Павлодарской области позволят в кратчайшие сроки вдохнуть жизнь в эти населенные пункты, т.к. в регионе имеются десятки геотермальных скважин с температурой самоизливающейся воды $25^{\circ}\text{C} - 35^{\circ}\text{C}$ и с дебетом воды от $15 \text{ м}^3/\text{час}$ до $75 \text{ м}^3/\text{час}$.

Аналогичные исследования ученые НИИ «ЭиЭТ» начали проводить и в южных регионах страны – Туркестанской области, Шаульдерском районе Южно-Казахстанской области, где также имеются ряд геотермальных скважин, а проблемы с отоплением те же аналогичные.

Список литературы:

1. Алимгазин А.Ш., Алимгазина (Бахтиярова) С.Г. Разработка технологий и внедрение теплонасосных систем теплоснабжения жилых, общественных и производственных зданий в Республике Казахстан с использованием нетрадиционных и возобновляемых источников энергии // Астана: Изд-во “Арт-принт”, 2010. - 171 с.
2. Алимгазин А.Ш., Алимгазина С.Г. Теплонасосные технологии для теплоснабжения различных объектов. Опыт Республики Казахстан // АВОК. - Энергосбережение. - 2013.-№8.-С.68-73
3. Алимгазин А.Ш., Алимгазина С.Г., Кислов А.П., Амренова Д.Т. Разработка технологий утилизации низкопотенциального тепла оборотных циклов водоснабжения промышленных предприятий Республики Казахстан с использованием тепловых насосов нового поколения // Вестник ПГУ им. С. Торайгырова, серия «Энергетическая». - 2015. - № 2.- С.21-25.
4. Alimgazin A.Sh., Alimgazina S.G., Petin Y.M. Application of new generation heat pump technologies using alternative energy sources to generate additional heat energy a the heat power plants-2 (Astana city) // «IX Minsk International Seminar Heat Pipes, Heat Pumps, Refrigerators, Power Sources», Minsk, Belarus, 07-10 September 2015, S.230-235.
5. Alimgazin A.Sh., Alimgazina S.G., Zhalmagambetov B.N. Analysis of prospects of technology heat pump to produce extra heat energy for JSC "TPP-2" Astana // Proc.: Proceedings of the 3 International Forum "Renewable energy: ways to increase the energy and economic efficiency» (REENFOR-2015), Yalta, 17 - 19 November, 2015.
6. Алимгазин А.Ш., Омаров К.С., Алимгазина С.Г. Применение технологии «зеленое отопление» для энергообеспечения объекта «Центр исследования энергии» Международной специализированной выставки ЕХРО-2017 // В кн.: Материалы IVМеждународной научно-технической конференции “Актуальные проблемы транспорта и энергетики. Пути их инновационного решения” – Астана: ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, 17 марта 2016. - С.28-35
7. Бижигитов С.Е., Алимгазин А.Ш. Применение теплонасосных технологий при использовании низкопотенциального сбросного ТОО «ПНХЗ» для подогрева химводы на питание котлов предприятия // В кн.: Материалы IVМеждународной

- научно-технической конференции “Актуальные проблемы транспорта и энергетики. Пути их инновационного решения.” – Астана: ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, 17 марта 2016. - С.99-101
8. Алимгазин А.Ш., Омаров К.С., Постников В.А., Тлеубаев А.С. Перспективы внедрения энергосберегающих теплонасосных технологий с утилизацией сбросной теплоты системы оборотного водоснабжения на ПФ ТОО «KSP STEEL» // В сбор. материалов Международной научно-практической конференции «Переработка промышленных отходов, как залог экологической безопасности», г. Павлодар, ПГУ им. С. Торайгырова, октябрь 2016 г., С.27-33
 9. Алимгазин А.Ш., Бахтияров А.Е., Бектурганов С.О. Применение теплонасосных технологий при использовании низкопотенциального тепла циркуляционной воды конденсаторов турбин АО «Станция ГРЭС-2» для теплоснабжения здания береговой насосной станции// В сбор. материалов Международной научно-практической конференции «Переработка промышленных отходов, как залог экологической безопасности», г. Павлодар, ПГУ им. С. Торайгырова, октябрь 2016 г., С.39-46
 10. Алимгазин А.Ш., Алимгазина С.Г., Бахтияров А.Е. Анализ перспектив применения теплонасосных технологий на металлургических предприятиях Республики Казахстан. // В сбор. трудов «VIII Международной научно-практической конференции «Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии в промышленности. 100 лет отечественного проектирования металлургических печей», МИ-СиС, г. Москва, октябрь 2016 г., С.238-250
 11. Патент РК №1843 на полезную модель «Теплонасосная установка для отопления и горячего водоснабжения» – авторы Алимгазин А.Ш., Петин Ю.М., Алимгазина С.Г., Бахтияров А.Е. // БИ №16 от 30.11.2016 г., регистр. номер 2015/278.2 от 27 августа 2015 г. в РГКП «Национальный институт интеллектуальной собственности» МЮ РК
 12. Патент РК №2289 на полезную модель «Теплонасосная установка для отопления и горячего водоснабжения» – авторы Алимгазин А.Ш., Алимгазина С.Г., Бахтияров А.Е., Омаров К.С., Калиев Г.А., Калиев Б.А. // БИ №14 от 31.07.2017 г., Регистр. номер 2016/0377.2 от 11 июля 2016 г. в РГКП «Национальный институт интеллектуальной собственности» МЮ РК
 13. Патент РК №2048 на полезную модель «Теплонасосная установка для теплохладоснабжения» – авторы Алимгазин А.Ш., Омаров К.С., Алимгазина С.Г., Бахтияров А.Е. // БИ №4 от 28.02.2017 г., Регистр. номер 2016/0304.2 от 1 июня 2016 г. в РГКП «Национальный институт интеллектуальной собственности» МЮ РК.
 14. Алимгазин А. Ш., Бергузинов А. Н. Применение технологии «Зеленое отопление» для энергообеспечения объекта «Центр исследования энергии» международной выставки «ЕХРО-2017» // Вестник ПГУ им. С.Торайгырова, серия «Энергетическая». - 2017. - № 1.- С.21-28.
 15. Алимгазин А. Ш., Бергузинов А. Н., Расмухаметова А. С. Применение энергосберегающих теплонасосных технологий с использованием альтернативных источников энергии для тепло- и хладоснабжения объектов Республики Казахстан // Вестник ПГУ им. С. Торайгырова, серия «Энергетическая». - 2017. - № 1.- С.29-36.
 16. Алимгазин А.Ш., Алимгазина С.Г., Шарыпов А.С., Бахтиярова С.Е. Коммерциализация блочно-модульной теплонасосной установки для утилизации низкопотенциальной сбросной теплоты систем технического водоснабжения промышленных предприятий. // В сбор. материалов IV Международной конференции ICITE «Промышленные технологии и инжиниринг», г. Шымкент, 26-27 октябрь 2017 г., С.23-30

THE USE OF "GREEN" TECHNOLOGIES WITH THE USE OF ALTERNATIVE ENERGY SOURCES TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF ENERGY SUPPLY OF FACILITIES IN INDUSTRY, THE SOCIAL SPHERE AND THE AGRICULTURAL SECTOR OF PAVLODAR REGION

A.Sh. Alimgazin¹, S.G. Alimgazina²

¹*Eurasian National University named after L.N.Gumilyov, Astana, Kazakhstan, e-mail: alimgazin_altai@mail.ru*

²*«БМНП» LLP, Astana, Kazakhstan», e-mail: s.baktiyarova@mail.ru*

Abstract

The article discusses the main directions of implementation of "green" technologies based on heat pumps (HP) in Pavlodar region using alternative energy sources for energy supply of various facilities in industry, the public sector, the agricultural sector, small and medium businesses in this region of the country.

In 2016-2017, the proposed "green" technology, having passed a multi-stage selection in the 25 best scientific projects of scientists of the country represented in the National Pavilion "Nur Alem" of the International Exhibition EXPO-2017.

Studied the possibility of using HP:

– at industrial enterprises of the region (KSP Steel LLP, Aksu Ferroalloy Plant – a branch of TNC Kazchrome JSC, Aksu GRES JSC) using low-potential waste water of industrial water supply systems as a heat source;

– at public sector facilities (educational institutions, healthcare, culture, sports, administrative buildings, etc.) with a heat source of low-potential heat of groundwater, heat of geothermal artesian sources, heat of soils.

– on the objects of small and medium business: (greenhouses, farms, hotels, cafes, cottages, etc.).

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛООВОГО ЭФФЕКТА ПИРОЛИЗА СОЛОМЫ

Д.Б. Алтынбаева¹; Д.Е. Мусафиров²; А.В. Астафьев³; Р.Б. Табакаев⁴.
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск, 634050, Россия, e-mail: ¹Dbal10@tpu.ru, ²Dem11@tpu.ru,
³Ava31@tpu.ru, ⁴TabakaevRB@tpu.ru

Введение. В настоящее время энергетика является одним из основных источников загрязнения окружающей среды, что приводит к преждевременной смертности нескольких миллионов человек в год [1,2]. В связи с этим, большинство развитых и развивающихся стран придерживаются политики по постепенному сокращению использования ископаемого органического топлива для выработки энергии. Замещение органического топлива происходит за счёт увеличения доли возобновляемых источников энергии (ВИЭ), обеспечивающих экологически чистую выработку энергии [3].

Одним из основных и перспективных ВИЭ является биомасса, так как она распространена повсеместно и образуется в больших объёмах. Но использование биомассы в качестве топлива сопровождается рядом проблем. Например, в естественном виде биомасса имеет высокую влажность, являющуюся причиной низкого значения теплоты сгорания. К тому же большое количество влаги в составе биомассы приводит к слёживанию, слипанию при транспортировке, а в зимние периоды – к смерзанию [4]. Особенности минеральной части биомассы приводят к шлакованию поверхностей нагрева при сжигании [5]. Таким образом, энергетическое использование биомассы традиционными методами сжигания сопровождается высокими эксплуатационными затратами, что препятствует её широкому применению в качестве топлива. Это свидетельствует о необходимости поиска способов эффективного вовлечения биомассы в энергетику.

Основным препятствием использования пиролиза при переработке биомассы является необходимость подвода тепла, поддерживающего протекание процесса. В литературе [6] встречается информация о протекании низкотемпературного пиролиза в автотермическом режиме за счёт собственных тепловых эффектов. Осуществление переработки в таком режиме позволит избавиться от необходимости постоянного подвода тепла. Таким образом, необходимо исследование теплового эффекта пиролиза биомассы для оценки возможности протекания её термической переработки в автотермическом режиме.

В связи с этим целью работы является экспериментальное исследование теплового эффекта пиролиза соломы.

Объект и методика исследования. В качестве исследуемой пробы рассмотрена солома. Перед исследованием она была высушена до воздушно-сухого состояния и проанализирована согласно ГОСТ Р 52911-2008, ГОСТ Р 55661-2013, ГОСТ 6382-2001. Теплота сгорания определена на калориметре АБК-1 (Россия), анализ элементного состава проводился на анализаторе Vario Micro Cube (Elementar, Германия). Полученные теплотехнические характеристики представлены в таблице 1.

Для установления связи возникновения и протекания теплового эффекта термического разложения биомассы с динамикой выхода летучих продуктов пиролиза (газа и пирогенетической влаги) проведены исследования выхода газовой составляющей, динамики выхода пирогенетической влаги и дифференциальный термический анализ.

Для исследования состава газов, выделяющихся в процессе пиролиза, проба соломы массой 10 г загружалась в реактор 3 (рис. 1), после чего осуществлялся её

нагрев со скоростью 10 °С/мин. В процессе разложения топлива выделялся газ с парами смолы и пирогенетической воды, для очистки от которых предусмотрена система охлаждения газа 4-8 и фильтры 9-13. Очищенный газ поступал в газоанализатор «Тест-1» — поз. 14 (рис. 1), откалиброванный на определение O_2 , H_2 , CO , CO_2 , CH_4 . Движение газа имело принудительный характер за счёт наличия насоса в конструкции газоанализатора.

Таблица 1

Теплотехнические характеристики биомассы

Проба	Влажность W^a , %	Зольность на сухую массу A^d , %	Выход летучих веществ V^{daf} , %	Теплота сгорания на сухую беззольную массу Q_i^{daf} , МДж/кг	Низшая теплота сгорания Q_i^r , МДж/кг	Элементный состав на сухую беззольную массу, %				
						C^{daf}	H^{daf}	N^{daf}	S^{daf}	O^{daf}
солома	7,0	2,8	78,5	19,6	17,7	50,20	6,36	1,09	0,00	42,35

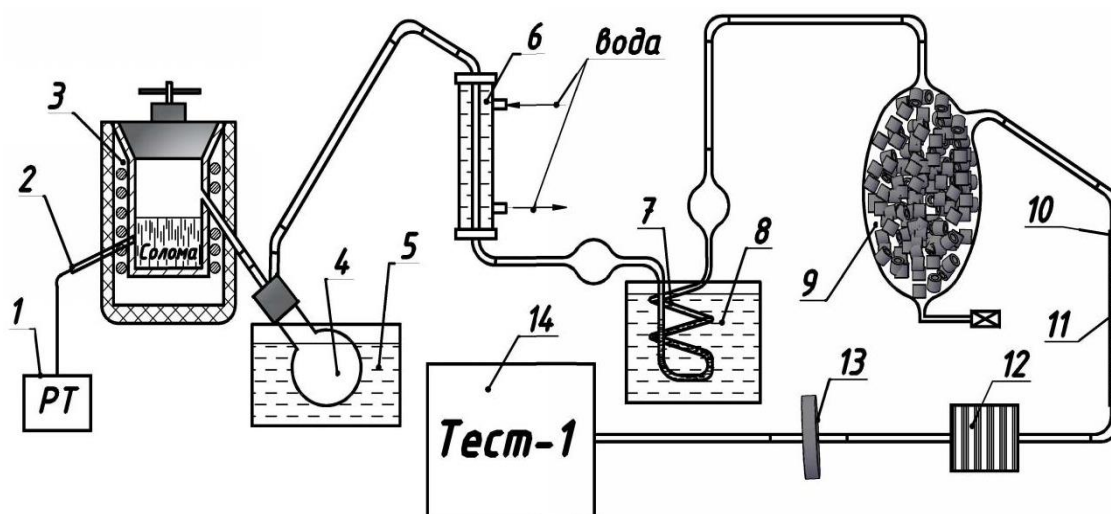


Рис. 1. Схема установки для анализа газа: 1) регистратор температуры; 2) термопара; 3) реактор; 4) колба-холодильник; 5,8) сосуды с жидкостью для охлаждения колб; 6) холодильник Аллина; 7) спиралевидная колба; 9) колба со стеклянными трубками; 10) марлевый фильтр; 11) фильтр с активированным углем; 12) тканевый фильтр; 13) фильтр Midisart 2000 (0,2 мкм); 14) газоанализатор «Тест-1».

Динамика выхода пирогенетической влаги из соломы определялась на установке, изображённой на рис. 2. Солома массой 16,5 г загружалась в реактор 3 после чего нагревалась со скоростью 10°С/мин (аналогично исследованию газовой составляющей). В процессе нагрева пробы выделялся газ, а также пары воды (внешняя влага и пирогенетическая вода). Парогазовая смесь поступала в холодильник 4, где пар конденсировался и поступал в мерную колбу 6. Столб жидкости в колбе фиксировался при температурах от 200 до 500 °С с шагом 25 °С. После эксперимента из полученного количества воды вычиталась аналитическая влага топлива (W^a).

Для отслеживания тепловых эффектов соломы и скорости потери её массы, проведены дифференциальный термический (ДТА) и термогравиметрический (ТГА) анализы на термоанализаторе STA 449C Jupiter (Netzsch, Германия). Образцы нагревались со скоростью 10°С/мин, температурный диапазон эксперимента составил от 20 до 600°С. Масса навески проб составляла 50 мг. Анализы выполнены в инертной среде (He).

Результаты и их обсуждение. На рис. 3 показаны результаты измерения газового состава и выхода пирогенетической влаги от температуры. Видно, что при температуре 250-330°С концентрация углекислого (CO_2) и угарного (CO) газов растёт, за-

тем происходит её снижение. В этом же диапазоне температур (325-350°C) наблюдается наибольший выход пирогенетической влаги.

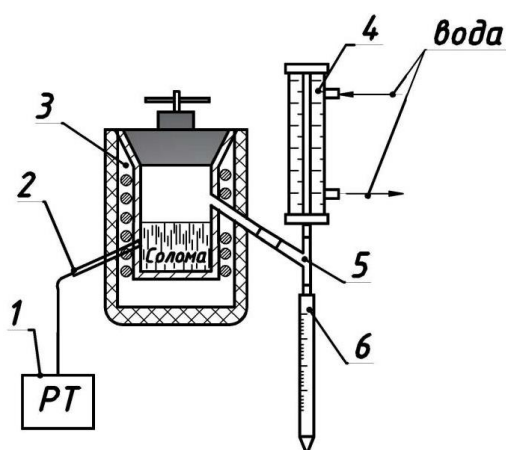


Рис. 2. Схема установки для анализа выделения пирогенетической воды: 1) регистратор температуры; 2) термопара; 3) реактор; 4) холодильник Аллина; 5) тройник; 6) мерная колба.

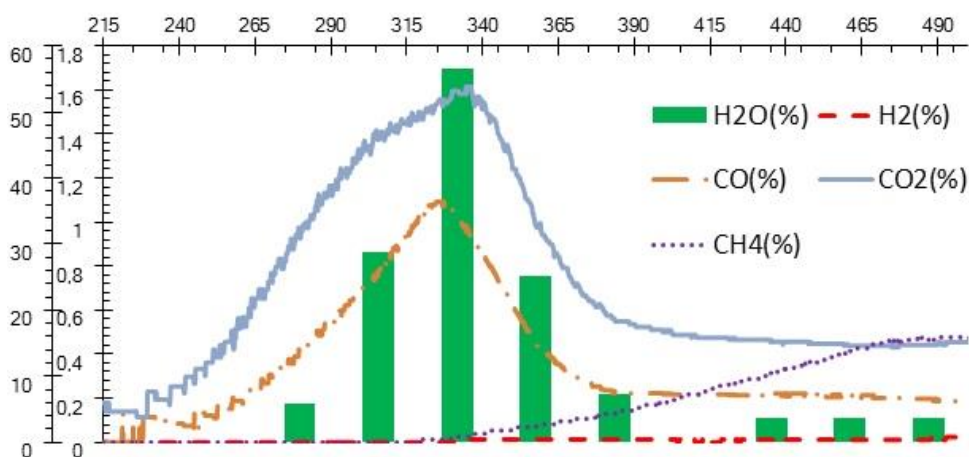
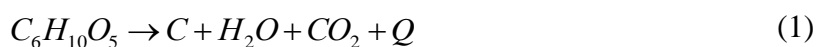


Рис. 3. Зависимость выхода продуктов пиролиза биомассы от температуры

На рис. 4 показаны кривые дифференциально термического анализа (ДТА, ДТГ, ТГ). При температуре 230-240°C наблюдается начало экзотермических эффектов, которые заканчиваются при 575°C. Видно, что при 330°C начинается процесс интенсификации экзотермических эффектов по сравнению с предыдущим интервалом температур. При этой же температуре на кривой ДТГ можно наблюдать пик снижения скорости потери массы образца.

Наибольшая скорость протекания экзотермических реакций наблюдается в интервале температур 370-500°C.

Согласно [7] основными составляющими биомассы являются лигнин, целлюлоза и гемицеллюлоза. Из результатов (рис. 3 и 4) видно, что разложение соломы сопровождается выделением влаги (H₂O), углекислого газа (CO₂) и тепла. По литературным данным [7] диапазон температур 250-350°C соответствует разложению целлюлозы. Можно предположить, что её разложение протекает по следующей схеме реакции:



Существует мнение [8] о том, что при разложении лигнина (350-500°C) образуются метан (CH₄) и водород (H₂). На рис. 3 можно найти этому подтверждение: в температурном диапазоне от 350 до 500°C наблюдается рост выхода метана (CH₄) и водорода (H₂).

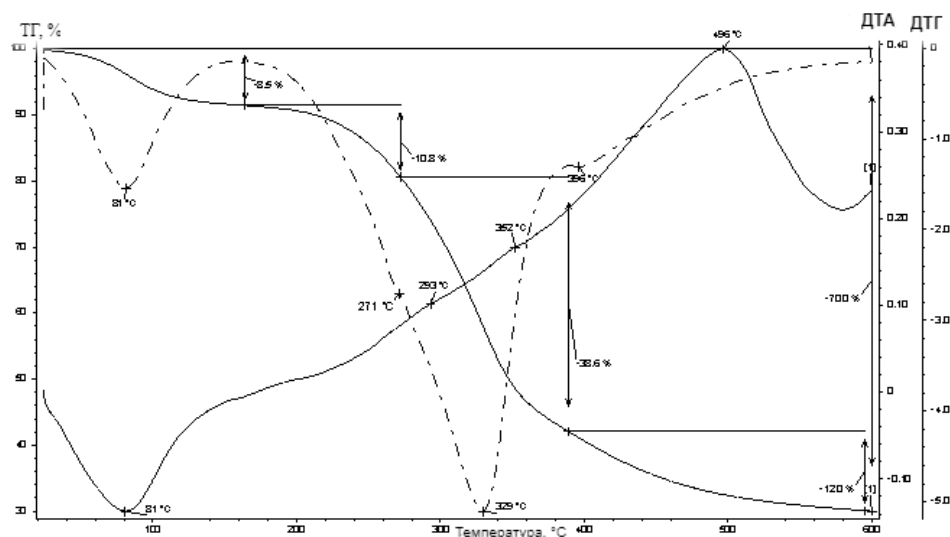


Рис. 4. Кривые ДТА

Вывод. В работе исследована динамика выхода продуктов пиролиза биомассы — газа и пирогенетической влаги. При температуре 325-350°C наблюдались наибольшие значения выхода CO_2 , CO и H_2O . Эта же температура соответствовала началу интенсификации экзотермических эффектов. Сделано предположение, что данные продукты образовались в процессе разложения целлюлозы, входящей в состав соломы. В диапазоне температур 390-500°C наблюдается наибольший экзоэффект, сопровождающийся образованием CH_4 и H_2 , что характерно для разложения лигнина.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 18-38-00648) и Министерства науки и высшего образования РФ (ГЗ Наука 13.13269.2018/8.9).

Список литературы:

1. World Energy Outlook Special Report. Energy and Air Pollution (International Energy Agency, Paris, 2016).
2. Lelieveld, J., Evans, J.S., Fnais, M., Giannadaki, D., Pozzer, A. The contribution of outdoor air pollution sources to premature mortality on a global scale // Nature. – Vol. 525. – P. 367–371.
3. Попель, О.С., Реутов, Б.Ф., Антропов, А.П. Перспективные направления использования возобновляемых источников энергии в централизованной и автономной энергетике // Теплоэнергетика. – 2010. – № 11. – С. 2–11.
4. Vassilev, S.V., Vassileva, C.G., Vassilev, V.S. Advantages and disadvantages of composition and properties of biomass in comparison with coal: an overview // Fuel. – 2015. – Vol. 158. – P. 330–350.
5. Чернецкий, М.Ю., Дектерев, А.А., Бурдуков, А.П. Расчетное исследование факельного горения мелкодисперсного лигноцеллюлозного сырья // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: техника и технологии. – 2013. – Т. 6. – Вып. 6. – С. 625–636.
6. Kulesh R.N., Orlova K.Y. Field Research of Firing Stored Peat Critical Conditions, MATEC Web of Conferences 72 (2016) 1055
7. Кузнецов, Б. Н. Каталитическая химия растительной биомассы // Соросовский образовательный журнал. - 1996. - Вып. 12. - С. 47-55.
8. Wu C., Budarin V. L., Gronnow M. J., Bruyn M., Onwudili J. A., Clark J. H., Williams P. T. Conventional and microwave-assisted pyrolysis of biomass under different heating rates // Journal of Analytical and Applied Pyrolysis. - 2014. - Vol. 107.-P. 276-283

EXPERIMENTAL STUDY OF STRAW PYROLYSIS THERMAL EFFECT

D.B. Altynbaeva¹; D.E. Musafirov²; A.V. Astafev³; R.B. Tabakaev⁴

National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, 634050, Russia,

e-mail: ¹Dbal10@tpu.ru, ²Dem11@tpu.ru, ³Ava31@tpu.ru, ⁴TabakaevRB@tpu.ru

Abstract

The main source of environmental pollution is power energy plants on fossil fuels. Therefore, many developed and developing countries are gradually replacing fossil fuels with renewable resources, in particular biomass. Combustion of biomass by traditional methods is accompanied by high operating costs, which indicates the need to find ways to efficiently use it. There is an opinion about the flow of low-temperature pyrolysis of biomass in the autothermal mode, this will eliminate the need for a constant supply of heat. In this regard, it is necessary to study the thermal effect of biomass pyrolysis to assess the possibility of its thermal processing in the autothermal mode. In this regard, the aim of the work is an experimental study of the thermal effect of straw pyrolysis.

In this work, an installation was used to determine the gas component of pyrolysis, an installation that made it possible to determine the amount of pyrogenic moisture in biomass, and differential thermal and thermogravimetric analyzes were used.

The paper presents the results of DTA, DTG, TGA, histogram and yield curves of pyrogenic moisture and gases, respectively. At a temperature of 330° C, peaks of H₂O, CO₂, and CO emission were observed, and the beginning of the intensification of exothermic effects began. At the same temperature, an increase in the yield of CH₄ and H₂ was observed.

СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ СОЕДИНЕНИЙ ЙОДА

Н.Л. Алукер¹, А.Ю. Митрофанов¹, Я.М. Суздальцева^{2,1}

¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кемеровский государственный университет» (КемГУ), г. Кемерово, 650000, Россия, e-mail: naluker@gmail.com

²Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт экологии человека ФИЦ УУХ СО РАН (ИЭЧ ФИЦ УУХ СО РАН), г. Кемерово, 650065, Россия, e-mail: y-komarova@mail.ru

Природный йод практически полностью состоит из единственного стабильного изотопа с массовым числом ^{127}I с незначительным присутствием долгоживущего ^{129}I с периодом полураспада $\sim 1,6 \cdot 10^7$ лет. Испытывая бета распад ^{129}I испускает бета излучение с энергией квантов ~ 150 кэВ и гамма излучение с энергией ~ 40 кэВ. Содержание изотопа ^{129}I нарабатывается при деятельности предприятий ядерного комплекса и вносит вклад в дозу облучения населения всего мира. В связи с большим периодом полураспада йода-129 ростом его концентрации в окружающей среде задача его детектирования представляется чрезвычайно важной. По прогнозам концентрация йода-129 в биосфере за счет переработки отработанного топлива может на несколько порядков превысить современный уровень, сильно измерив, существующее равновесное соотношение между стабильным и радиоактивным йодом.

При лазерном люминесцентном детектировании йода (одним из наиболее чувствительных методов) трудности возникают из-за перекрывания спектров йода и диоксида азота, являющегося одним из составляющих газообразной рабочей среды азотнокислого растворения ОЯТ на радиохимических предприятиях [1]. Проблемы разделения возникают также и при детектировании йода в атмосферном воздухе, одним из компонентов которого является диоксид азота.

Изучение разных форм стабилизации йода при растворении его в воде спектрофотометрическими методами в настоящее время один из наиболее используемых методов оценки концентрации йода в растворе.

Проблема определения содержания йода в растворах усложняется в связи с тем, что наблюдается многообразие химических форм соединений йода в связи с его способностью проявлять в своих соединениях различные степени окисления: -1 , 0 , $+1$, $+3$, $+5$ и $+7$. В химических реакциях йод может выступать как окислителем, так и восстановителем. Легкость перехода между различными валентными соединениями, летучесть свободного йода обеспечивают уникальные свойства йода и его соединений, что позволяют ему присутствовать в микроколичествах во всех без исключения объектах живой и неживой природы. Соединения йода в разных валентных состояниях обладают различной миграционной способностью, различной токсичностью, поэтому при рассмотрении поведения йода в биосфере необходимо учитывать как его валентные состояния в конкретных объектах биосферы, так и возможные окислительно-восстановительные превращения в рассматриваемых условиях. Наиболее устойчивы соединения, в которых йод проявляет валентности -1 ; $+1$; $+5$. В качестве основных форм присутствия йода в воде рассматриваются анионы I^- , I_3^- , IO_3^- и комплекс молекулярного I_2 с растворителями.

УФ спектры поглощения соединений йода в воде. Важнейшие и наиболее распространенные соединения йода — йодистые калий и натрий типично ионные соединения являются чрезвычайно гигроскопичными и легко растворяются в воде. В спектре поглощения наблюдается две полосы поглощения 194 и 226 nm (рис.1). При

росте концентрации до стадии насыщенных растворов проявляется длинноволновое поглощение в области 288 и 350 нм, обусловленное появлением в растворе триодид иона I_3^- (рис 1б).

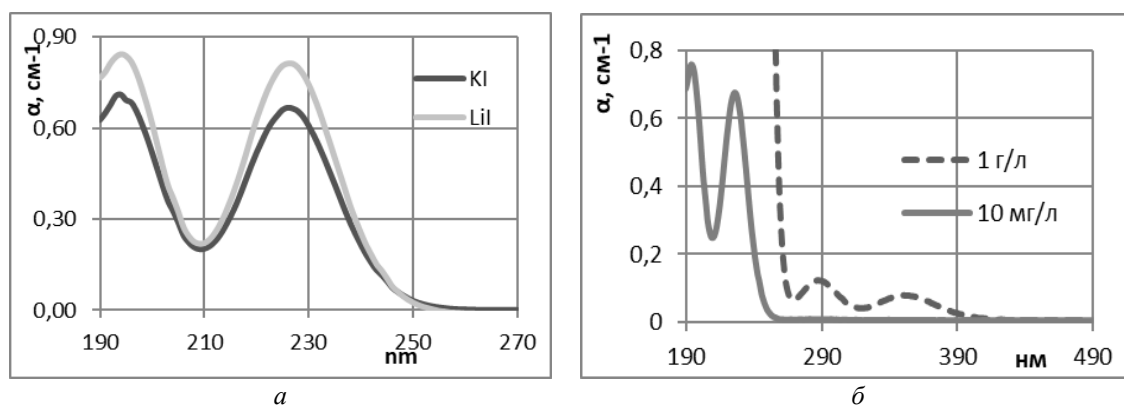


Рис. 1. Спектры поглощения: а – иодидов калия и лития в воде, б - растворов KI в воде

Обе УФ полосы приписываются поглощению йода в форме I^- (валентность -1), имеют близкие коэффициенты молярной экстинкции ~ 13000 л/моль*см [1-2]. Это позволяет обнаруживать йод (в виде I^- иона) в воде по характерному поглощению на уровне концентрации 20-30 мкг/л, т.е. обеспечивает контроль на уровне ПДК.

Следует отметить, что в реальных водах могут присутствовать нитраты, нитриты, фенолы и другие органические соединения, поглощающие в области спектра 185-235 нм. Наибольшее влияние на определение I^- иона в воде может оказывать нитрат ион, т.к. содержание нитратов в природных водах варьируется в широких пределах. Содержание нитратов в природных водах, даже в дистиллированной воде, гораздо выше содержания йода. На фоне поглощения нитрат иона при содержании 0,2 мг/л, допустимом для дистиллированной воды, выделить на его фоне поглощение, обусловленное йодом, даже на уровне ПДК, будет затруднительно, так как коэффициент молярной экстинкции для NO_3^- незначительно ниже, чем для I^- и составляет ~ 9000 л/моль*см.

В сильно разбавленных водных растворах могут образовываться соединения пятивалентного йода (+5), которые являются производными йодноватой кислоты HI_2O_3 . Йодноватая кислота, являясь сильной кислотой, в разбавленных водных растворах практически полностью диссоциирует на ионы. Поглощение йодатов в УФ области спектра не имеющее характерных выраженных полос, но накладываясь на поглощение I^- иона при низких содержаниях йода в воде приводят к некоторому перераспределению интенсивностей полос 194 и 226 нм (рис 2).

При растворении в воде молекулярного кристаллического йода в УФ спектрах поглощения системы «молекулярный йод-вода» обнаруживают максимумы поглощения, в области спектра, характерной для I_2 , IO_3^- , а, также поглощение комплекса I_2 с водой (~ 460 нм). Поглощение в области 440-460 связывают с поглощением комплекса молекулярного йода с растворителем [1]. В силу низкого коэффициента молярной экстинкции комплекса, даже при незначительном поглощении в этой области количество йода связанного в нем преобладающее над всеми другими формами нахождения йода в растворе. Оптическое поглощение с максимумами 287 и 353 нм обусловлено триодид ионами I_3^- [1-2]. Эффективность образования триодид иона в воде низкая, но в органических растворителях эта форма присутствия йода в растворах играет заметную роль.

На рис. 3 приведены спектры поглощения насыщенного раствора кристаллического йода в дистиллированной воде в двух спектральных диапазонах сразу после приготовления раствора, а, также спустя определенное время после приготовления. Наблюдается медленный рост концентрации всех полос поглощения, после длитель-

ной выдержки раствора предельная концентрация йода в воде соответствует ~ 300 мг/л и рост поглощения наблюдается в основной за счет более длинноволнового поглощения. УФ полосу поглощения в ряде работ [1], рассматривают, как поглощение I_2 , что вызывает сомнение. В ряде случаев полосы поглощения 460 нм и 203 нм ведут себя по-разному. На наш взгляд эта полоса поглощения может быть обусловлена поглощением нитрат иона. Можно предположить, что на поверхности кристаллического йода находится сорбированный диоксид азота, при растворении которого образуется нитрат ион.

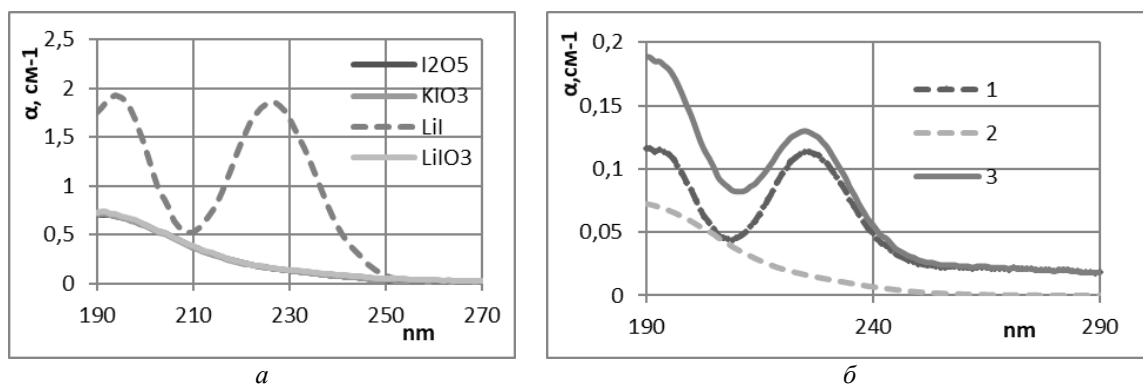


Рис. 2. *a* – Спектры поглощения соединений йода в воде при сравнимых концентрациях соединений в растворах; *б* – Разложение спектра поглощения раствора KI низкой концентрации в воде 1) I , 2) IO_3^- 3) реально наблюдаемый спектр поглощения

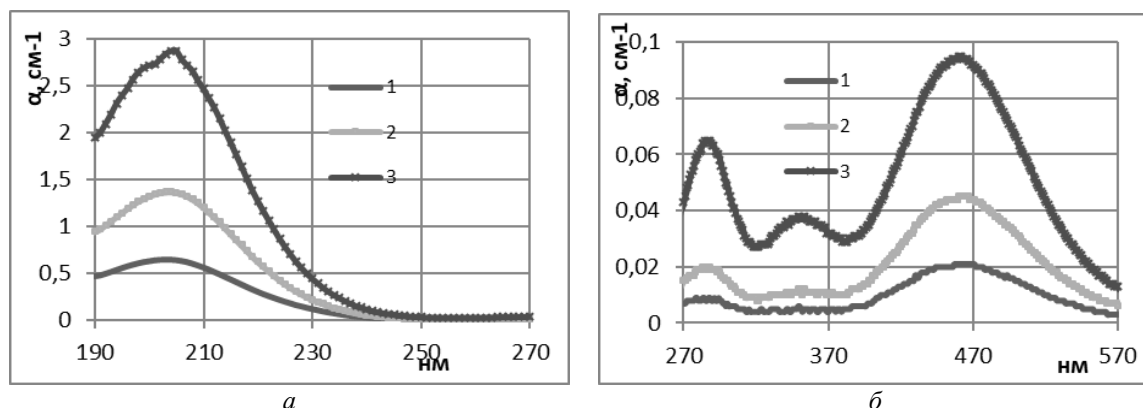


Рис. 3. *a* – 1) Свежий насыщенный раствор сразу же после добавления I_2 , 2) через 5 минут, 3) через 10 минут; *б* – 1) Свежий насыщенный раствор сразу же после добавления I_2 , 2) через 5 минут, 3) через 10 минут

Оценим пределы определения разных форм йода I^- , I_3^- и IO_3^- и комплекса $[I_2$ (растворитель)] в воде по спектрам поглощения.

Высокий коэффициент молярной экстинкции I_3^- позволяет обнаруживать данный ион в воде при концентрациях меньше 30 мкг/л, т.е. существенно ниже ПДК, вклад трийодид йона в водных растворах составляет проценты от общего содержания йода в растворе, поэтому появление этих полос поглощения будет свидетельствовать о значительной концентрации йода в воде. I^- может быть определен в отсутствии нитрат иона на уровне ~30 мкг/л. IO_3^- на уровне ~100 мкг/л и I_2 на уровне ~600 мкг/л, NO_3^- на уровне 20 мкг/л. Таким образом, при наблюдении в спектре всех полос поглощения максимальная концентрация йода будет сосредоточена в его комплексе с водой и с кислородом IO_3^- , а, также, в виде I^- .

Наличие поглощения, связанного с азотом, малый коэффициент молярной экстинкции комплекса йода с растворителями, отсутствие выраженного поглощения у IO_3^- иона сильно затрудняют общую оценку концентрации йода в природных водах.

Наличие минимального поглощения в длинноволновой части спектра будет свидетельствовать о высоком содержании йода в воде.

Список литературы:

1. Kireev S.V., Simanovsky I.G., Shnyrev S.L. Development of optical methods for simultaneous detection of I₂, I⁻, IO₃⁻ and I₃⁻ in liquid media in real time // *Laser Physics*, V. 19, N. 9, 2009, P. 1939 – 1949.
2. Wei Y. J., Liu C. G., Mo L. P. Ultraviolet absorption spectra of iodine, iodide ion and triiodide ion // *Guang pu xue yu guang pu fen xi = Guang pu.* – 2005. – Т. 25. – №. 1. – С. 86-88.

**SPECTROPHOTOMETRIC STUDY OF AQUEOUS SOLUTIONS
OF IODINE COMPOUNDS**

N. L. Aluker¹, A.Yu. Mitrofanov¹, Ya. M. Suzdaltseva^{2,1}

¹*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
“Kemerovo State University” (KemSU),*

Kemerovo, 650000, Russia, e-mail: naluker@gmail.com

²*Federal State Budgetary Institution of Science Institute of Human Ecology
FIC UUK SB RAS (IECh FITU UUK SB RAS),*

Kemerovo, 650065, Russia, e-mail: y-komarova@mail.ru

Abstract

In this paper, we study the optical characteristics of solutions of crystalline iodine and iodine compounds, determine the shapes and valence states of iodine and related compounds. The possibility of determining the various forms of iodine and related compounds in water is assessed.

УДК 620.9

ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА РЕСПУБЛИКИ ИРАК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМБИНИРОВАННЫХ ВЕТРО-СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Ф.М. Аль-Руфай¹, В.В. Кувшинов², Е.Г. Какушина², В.В. Кувшинова²,
Ю.Я. Пивень²

¹*Basim университет, г. Васит, Республика Ирак, e-mail: fa99ez@gmail.com*

²*ФГАОУ ВО, Севастопольский государственный университет, Институт
ядерной энергии и промышленности, г. Севастополь, 299015, РФ*

Введение. Много лет различные страны начали использовать возобновляемые источники энергии, потому что это альтернативная энергия, неисчерпаемая и экологически чистая. С другой стороны, это способствует сокращению глобального потепления, загрязнения воздуха и сокращению истощения нетрадиционных видов ископаемого топлива.

Потребности в энергии продолжают постоянно расти. Наша цивилизация динамична. Любое развитие требует, прежде всего, энергетических затрат и при существующих формах национальных экономик многих государств можно ожидать возникновения серьезных энергетических проблем. Более того, в некоторых странах эти проблемы уже существуют. Даже если энергетического кризиса удастся избежать, мир, рано или поздно, неизбежно столкнется с тем, что основные виды традиционного топлива будут исчерпаны. Запасы нефти, газа, угля не бесконечны. Чем больше мы используем эти виды энергетического сырья, тем меньше их остается, тем дороже с каждым днем они нам обходятся.[1].

В представленной работе предпринимается попытка определить потенциал Ирака в использовании возобновляемых источников энергии для преодоления нехватки энергии, с которой он сталкивается уже давно.

Постановка задачи исследования

Климат в Ираке. Ирак — государство на Ближнем Востоке между широтами 29 ° 5 'и 37 ° 22' северной широты и 38 ° 45 'и 48 ° 45' восточной долготы рис. 1. Она имеет общую площадь 438,317 км². Страна граничит на юго-востоке с Кувейтом, на юге с Саудовской Аравией, на западе с Иорданией и Сирией, на севере с Турцией, и Ираном на востоке. Город Багдад является столицей страны.

Климат Ирака характеризуется прежде всего крайне знойным летом и умеренными зимой: самые высокие значения температуры в июне, июле и августе между 43°C и 50°C в середине дня, термометр в тени показывает до 50°C с июня по сентябрь как на севере, так и на юге страны. При всем этом наблюдается полнейшая сушь, и только на севере (Мосул) изредка наблюдаются осадки [2,3].

Поступление солнечной радиации по территории Ирака. Применение солнечной энергии в Ираке, зависит от многих факторов [4], таких как:

- интенсивность солнечного излучения;
- характеристики солнечной энергии;
- географическое расположение и климат Ирака.

Солнечная энергия рассматривается в качестве ключевого ресурса в будущем и играет важнейшую роль в социально-экономическом развитии, поднимая уровень и качество жизни людей не только в Ираке, но и во всем мире.

Ирак знаменит значительным количеством солнечных часов. Исследования показали, что приход солнечной радиации на территорию Ирака составляет более 3000 часов в год. Часовая интенсивность солнечного излучения варьируется от 416 Вт / м² в январе до 833 Вт/м² в июне. Самая высокая светимость Солнца в июне составляет в

среднем 11,4 часа в день, а самая низкая в январе – 6,3 часа в день. Даже количество солнечных часов в Испании не могут конкурировать с уровнями, наблюдаемыми в Ираке.

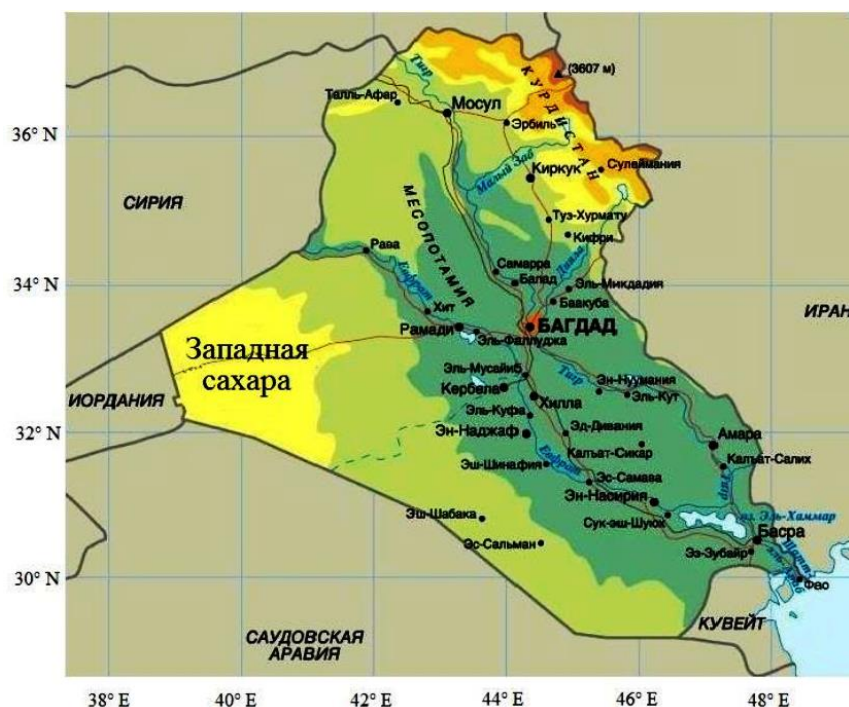


Рис. 1. Ирак фотокарта.

Ежедневная средняя солнечная инсоляция контурной карты Ирака, как видно на рисунке 2 показывает, что почти весь Ирак имеет потенциал для использования крупномасштабных солнечных установок.

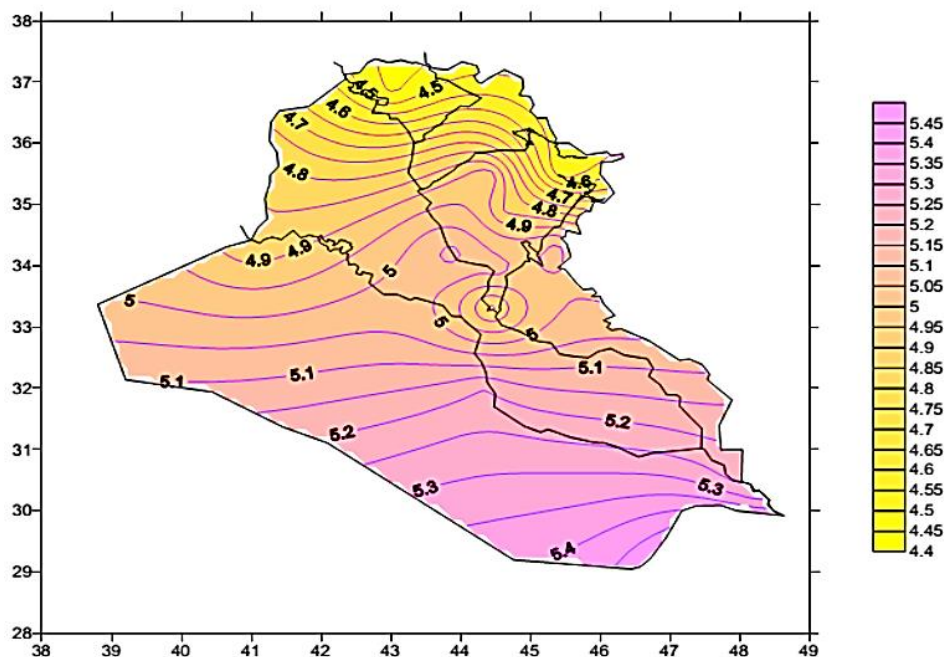


Рис. 2. Ежедневная усредненная солнечная инсоляция для Ирака, кВт·ч/м² [2]

Период экспозиции солнечной энергии в Ираке в течение года показаны в таблице 1.

Период солнечной экспозиции в года в Ираке [4]

Период солнечной экспозиции	Количество
Солнечные часы	4100 часов
Солнечные дни	333,6 дней
Пасмурные дни	31,4 дней

Результаты исследования. В Ираке изучение возможностей солнечной энергетики началось после энергетического кризиса 1973 года. Многие исследования были предприняты, чтобы определить солнечную интенсивность в Багдаде. Результаты показали соответствие между практическими и теоретическими результатами. Впоследствии акцент исследований был смещен на поиск возможных путей повышения эффективности использования солнечной энергии для выработки электроэнергии. Экспериментальные исследования подтвердили возможность использования солнечной энергии для обеспечения потребителей в продолжении иракской зимы [3]. Рис. 3 показывает карту распределения солнечного излучения Ирака [5]. В таблице 2 представлено сравнение солнечной инсоляции на горизонтальных, вертикальных и наклонных плоскостях для некоторых городов в Ираке, как сообщили в Справочнике солнечной электроэнергии (2016 г.) [6].

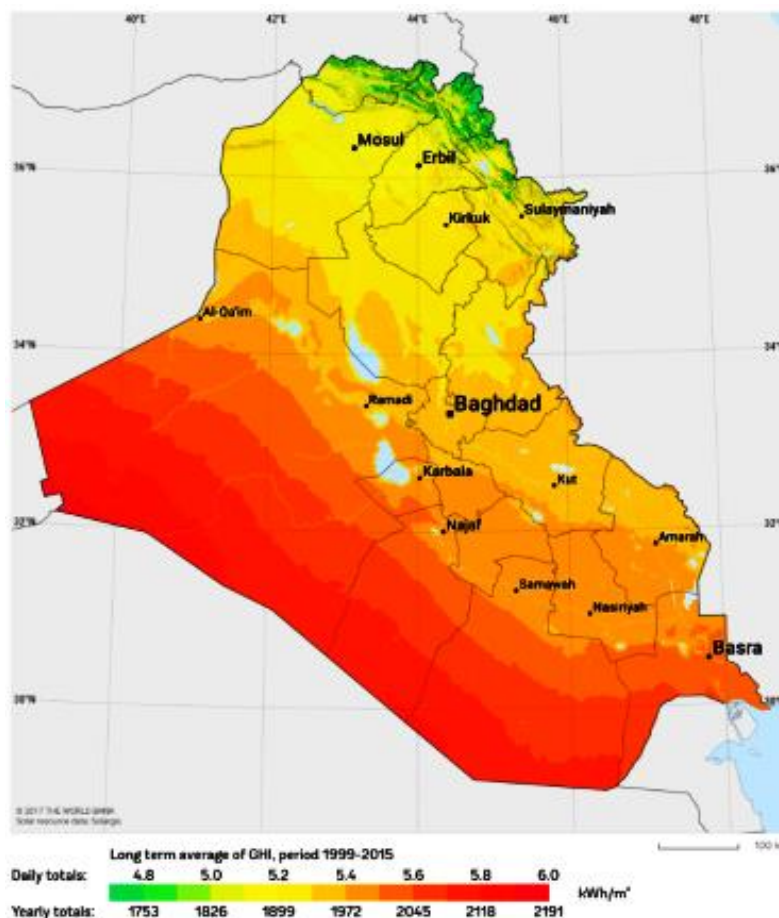


Рис. 3. Карта солнечной излучения Ирака [5]

Из данных, представленных в таблице 2, все указанные города в Ираке, очевидно, имеют значительный приход солнечной радиации.

Солнечное излучение в некоторых городах, где были установлены станции STPP, и в некоторых предлагаемых городах в Ираке [6]

Местоположение	Страна	Солнечное излучение на горизонтальной плоскости (Wh/m ² /year)	Оптимальный наклон (°)
Мосул	Ирак	4841.6	54
Аль-Анбар		5000	57
Кербела		5104.16	57
Насирия		5129.16	59
Аль-Басра		5035.8	60

Определение интенсивности потока солнечной радиации для нужд энергетики Ирака. Проблемой определения солнечной инсоляции по справочным пособиям является неравномерность притока радиации на определённую территорию в различные годы. Для правильного выбора установок для солнечной энергетики Ирака необходимо использовать метрологическое обеспечение для измерения потока солнечной радиации.

Анализируя описанные результаты, авторами были проведены исследования по измерению интенсивности потока солнечной радиации на рабочих поверхностях солнечных установок. Для определения потока солнечной радиации и пропускной способности защитных покрытий установок авторами были предложены приборы для измерения видимого и инфракрасного спектра.

Одним из путей определения эффективности работы солнечных установок, как тепловых, так и фотоэлектрических, является правильный выбор измерительных устройств, являющихся составной частью любой экспериментальной установки [7]. Задачей исследования было определение пропускной способности солнечного света различными веществами [7], используемыми для производства защитных покрытий солнечных установок. А именно определение оптического КПД, коэффициента поглощения солнечного излучения в инфракрасном, видимом и частично ультрафиолетовом диапазоне [8]. Согласно проведенным в различных работах [1,8] исследованиям, можно утверждать, что фотоэлектрические преобразователи на основе кремния, в отличие от других солнечных элементов (арсенид-галлиевых и др.), могут преобразовывать в электрический ток большую часть солнечного спектра, т.е. излучение с длиной волны 1,1 мкм и короче [8]. Следовательно, измерительные приборы, на основе кремния, являются наиболее эффективными [8]. Кремниевые солнечные элементы, предназначенные для энергетических целей и используемые как эталонные в обычных условиях, отличаются наиболее стабильными характеристиками из всех фотоэлектрических преобразователей [1,7,8]. Эти солнечные элементы обладают также линейной зависимостью тока короткого замыкания в довольно широком диапазоне изменения плотности потока излучения, их чувствительность охватывает видимую и ближнюю инфракрасную области спектра, а также ближнюю ультрафиолетовую область [8].

Измерительный прибор представляет собой фотоэлектрическую пластинку размером 0,5 см², тыльный и лицевой контакты которой были подсоединены к миллиамперметру DT 830В (рис.4). Для исследований были взяты образцы стекла толщиной 3 мм, 4 мм, 6 мм, оргстекло толщиной 1 мм и 4 мм, полистирол однослойный и двухслойный (толщина 0,5 мм), поликарбонат прозрачный (толщина 1 мм), которые поочередно клались на рабочую панель фотоэлемента. Исследования были проведе-

ны как с помощью измерительного прибора, так и при помощи фотоэлектрического модуля AXR-12, подключенного по такой же схеме (рис.4). Результаты исследований приводятся в таблице 3.

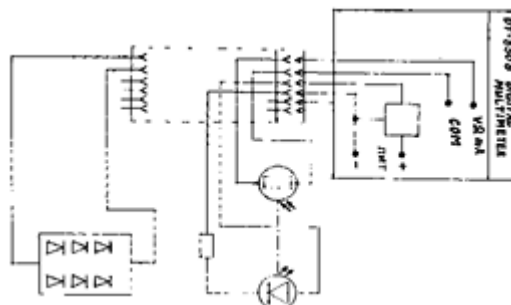


Рис. 4. Электрическая схема измерительного прибора

Таблица 3

Экспериментальные исследования пропускной способности различных материалов

Материал	Показания миллиамперметра (мА), изм. прибор	Показания амперметра (мА), модуль ARX-12	Соответствующие значения освещенности (Вт/ м ²)	Пропускная способность материала (%)
1. Стекло (6 мм)	8,77	487	677	75
2. Стекло(4 мм)	9,48	526	731	81
3. Стекло (3мм)	9,95	552	768	85
4. Полистирол (3-х слойный)	9,95	552	768	85
5. Полистирол (2-х слойный)	10,18	565	786	87
6. Поликарбонат (2-х слойный)	10,3	572	795	88
7. Стекло (2мм)	10,53	585	813	90
8. Полистирол (однослойный)	10,88	605	840	93
9. Поликарбонат (однослойный)	11	611	849	94
10. Оргстекло(4мм)	11	611	849	94
11. Оргстекло(1мм)	11,11	617	858	95
12. Без материала	11,7	650	903	100

По результатам исследований видно, что наибольшей пропускной способностью обладают однослойные материалы поликарбонат, полистирол и тонкое оргстекло. Также оргстекло толщиной 4 мм обладает почти такой же пропускной способностью. Согласно результатам можно говорить, что наиболее эффективными защитными покрытиями для теплофотоэлектрических установок могут являться: оргстекло, поликарбонат, а также различные типы обычных стекол, толщиной 3-4 мм. Эти материалы хорошо сохраняют тепловую энергию и пропускают солнечную радиацию, необходимую для работы фотоэлементов и абсорбера.

Выводы:

– Плотность солнечной энергии в Ираке является одной из самых высоких в мире.

– Ирак расположен вблизи экваториального (солнечного) пояса, что дает Ираку необходимые природные условия для использования солнечной энергии.

– Продолжительность солнечного сияния составляет от 2800 до 3000 часов в год приход на горизонтальную площадку составляет более 5-7 кВтч / м² в день. Это делает регион чрезвычайно благоприятным для инвестиций в строительство солнечных электростанций.

– Все проекты по солнечные энергетики могут быть быстро реализованы и представлены потребителю, а финансовые и технические условия помогают распространять их.

– Для определения потока солнечной радиации и пропускной способности защитных покрытий установок авторами были предложены приборы для измерения видимого и инфракрасного спектра.

Данные могут быть использованы для определения теплоснабжения зданий, а также для разработки тепловых систем, эффективно используемых в других целях и в выработке электроэнергии.

Список литературы:

1. Кувшинов В.В. Возможности использования энергетических установок на основе возобновляемых источников энергии / В.В. Кувшинов, Н.В. Морозова, И. Ю. Софийский– М.: Издательство (Спутник +),2017. – 290 с.
2. NASA, "Surface Meteorology and Solar Energy – Available Table" Atmospheric science Data Center. - 2008.
3. Maan J. B. Solar Energy Applications in Iraq: A Review/ Maan J. B. International Journal of Scientific Engineering and Science, Volume 1, Issue 9, pp. 30-39, 2017.
4. <https://www.npi-tu.ru/assets/diss/d212.304.08/files/al-gezi-moafak/dissertaciyaal-gezi-moafak-kaseim-shia.pdf>.
5. Deutsches Luft- und Raumfahrtzentrum. Concentrating Solar Power for the Mediterranean Region; Final Report; German Aerospace Center (DLR): Cologne, Germany, 2005.
6. Solar Electricity Handbook. Available online: <https://solargis.com/maps-and-gis-data/download/iraq/> (accessed on 10 January 2019).
7. Фотоэлектрические приборы. Часть 1. Измерение фотоэлектрических вольтамперных характеристик (МЭК 904-1-87): ГОСТ 28977-91. [Введ. 19.04.91]. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2004. – 56 с. – (Национальный стандарт России).
8. Колтун М. М. Оптика и метрология солнечных элементов / Колтун М. М. – М.: Наука, 1985. – 300 с.

OPTIMIZATION OF THE WORK OF THE ENERGY COMPLEX OF THE REPUBLIC OF IRAQ USING COMBINED WIND-SOLAR POWER PLANTS

**F.M. Al-Rufae¹, V.V. Kovshinov², E.G. Kakushina²,
V.V. Kuvshinova², U.Y. Piven²**

¹ Wasit University – Wasit – Iraq, e-mail: fa99ez@gmail.com

²Sevastopol state university – City of Sevastopol, 299015, RF

Abstract

The work identified the potential of Iraqi energy for renewable sources, where solar photovoltaic technologies are suitable for the production of electricity throughout Iraq due to the uniform distribution of solar radiation throughout the country. The results of the work revealed that the result is applicable not only to the power system of the Republic of Iraq but also to other foreign power systems of the Middle East with a large number of renewable energy sources and the potential construction of new solar power plants, that can make it possible to optimize the power system management.

НАПРАВЛЕНИЯ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОМПАКТНЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ ОЧИСТКИ БЫТОВЫХ СТОКОВ

Г.Т. Амбросова¹; Д.В. Тихонова²; Е.И. Яковлева³

НГАСУ(Сибстрин), Новосибирск, 630008, Россия,

e-mail: ¹galina-ambrosova@yandex.ru, ²tihonova4@mail.ru, ³yakushh1995@mail.ru

Для проведения данной работы был выполнен глубокий литературный анализ конструкций и технологий как отечественных, так и зарубежных компактных установок (КУ). Обзор, охватывающий период с 1970 по 2019 годы, показал, что многие компактные установки, выпускаемые отечественными и зарубежными производителями вплоть до 2000 года, могли снижать в сточной жидкости только два показателя загрязнений: БПК и взвешенные вещества. В то время считалось, что удаление растворимых и нерастворимых органических загрязнений позволит исключить загрязнение водоёмов, сопровождающееся разной степенью их эвтрофирования. Время показало, что водоёмы как цвели, так и продолжали цвести, правда, с меньшей интенсивностью, поглощая из воды водоёмов биогенные элементы (азот, фосфор и серу). Со временем было выявлено, что элементом, лимитирующим эвтрофирование, является фосфор. Установлено, что при концентрации фосфора в водоёме ниже 0,2 мг/л исключается развитие в нём водорослей.

Компактные установки предназначены, как правило, для очистки стоков малых населенных мест или отдельных объектов (коттеджей, кемпингов, туристических баз, домов отдыха, санаториев, пионерских лагерей и др.). КУ используются также в качестве локальных сооружений для очистки производственных стоков предприятий пищевой промышленности. В этом случае состав компактной установки зависит от точки сброса очищенной сточной жидкости. Так, если сброс осуществляется в городской коллектор, БПК_{пол} снижается примерно до 150-180 мг/л, взвешенные вещества до 200-230 мг/л, аммоний солевой до 7-8 мг/л, фосфор до 4-4,5 мг/л. Сброс на рельеф целесообразен, если очищенная сточная жидкость используется на орошение или для дальнейшей очистки в биологических прудах. Исходя из этого, применяется полная или неполная биологическая очистка стоков. Сброс стоков в водоём требует более высокой степени очистки, особенно при сбросе в водоём рыбо-хозяйственного назначения (БПК_{пол}, и взвешенные вещества 2-3 мг/л, аммоний солевой 0,4 мг/л, нитриты 0,07-0,08 мг/л, нитраты 39-40 мг/л, фосфор 0,15-0,2 мг/л). В населенных пунктах Российской Федерации стоки после компактных установок чаще всего сбрасываются в водоём.

Компактные установки проектируют открытыми, подземными или размещенными в павильоне. Открытые применяются для районов с мягким климатом, например, юг Российской Федерации, Крым, Средняя Азия, подземные относятся к объектам с примитивной технологией (септики). Компактные установки с размещением в отапливаемых павильонах, устраивают в районах с суровым климатом (Сибирь, районы Крайнего Севера или приравненные к нему).

При проектировании компактных установок учитывается основная особенность, характерная исключительно для систем водоотведения малых населенных мест и отдельных объектов, а именно крайне неравномерное поступление стоков. Коэффициент часовой неравномерности, отражающий отношение максимального часового расхода к среднему (q_{\max}/q_{mid}), может достигать 2,5-3,5. Если же сравнивать максимальный приток с минимальным, то это соотношение может быть ещё выше и достигать 6-10. При таком режиме поступления стоков получить высокое качество их очистки даже при суперсовременной технологии и высоком профессионализме об-

служивающего персонала невозможно, так как в основу технологии очистки стоков компактных установок заложена биологическая очистка, для стабильной работы которой обязательно соблюдение трёх условий: постоянное и равномерное поступление стоков, постоянная циркуляция активного ила хорошего качества и непрерывная подача необходимого количества воздуха. Для обеспечения этих требований в последнее время в состав компактных установок в обязательном порядке включают резервуары-усреднители.

Как правило, для малых населенных мест или малых объектов в условиях Сибири характерна низкая температура поступающей на очистку сточной жидкости, обусловленная малым её расходом, большой площадью контакта стоков со стенками канализационных труб, по которым они транспортируются; или длительное пребывание стоков в выгребных ямах. Влияние этого фактора особенно заметно в холодный период года; а для районов с вечной мерзлотой значительное охлаждение сточной жидкости в выгребных ямах происходит и в теплый период года. Температура стоков может снижаться до минимально возможной (1-2⁰С). Следует иметь ввиду, что для биологической очистки стоков оптимальной температурой является 20⁰С, минимальной 9⁰С, максимальной 35⁰С [1]. При температуре 20⁰С в аэротенке создаются благоприятные условия для существования и размножения многих видов бактерий, простейших и микроскопических животных. Температура 9⁰С является минимальной, при которой возможно окисление органических веществ в вялотекущем режиме, дальнейшее снижение приводит к полному прекращению биохимических процессов [2]. Исходя из этого, объёмы компактной установки должны рассчитываться на температуру самого неблагоприятного холодного периода года. Если же при эксплуатации фактическая температура сточной жидкости снижается ниже расчётной, то добиться требуемой степени её очистки без подогрева задача архисложная. Поэтому вопрос о необходимости подогрева сточной жидкости должен решаться на стадии проектирования. Способы подогрева могут быть различными: горячим воздухом, горячей водой (теплообменники «труба в трубе»), острым паром, нагнетаемым инжектором, применение тепловых насосов.

В районах с жарким климатом (Средняя Азия, Краснодарский край, Крым) температура наружного воздуха также оказывает неблагоприятное воздействие на работу очистных сооружений канализации. При температуре 35⁰С замедляются процессы массообмена между клеткой и окружающей средой. Вместе с этим при высокой температуре трудно обеспечить требуемое насыщение сточной жидкости кислородом. Известны случаи, когда очистные сооружения канализации курортных городов, размещенные в крытых павильонах, не могут обеспечить требуемую степень очистки стоков из-за трудности их насыщения кислородом в аэротенках.

Не менее важной проблемой, существующей при проектировании компактных установок, является отсутствие фактических показателей сточной жидкости, используемых при определении объёмов компактной установки и подборе оборудования (БПК, взвешенные вещества, азот аммонийный, фосфор, температура и рН). В случае проектирования компактной установки для населенного пункта, имеющего канализационную сеть, определить качество сточной жидкости можно путем отбора в течение определенного периода сточной жидкости в главной насосной станций, куда поступают как хозяйственно-бытовые стоки населенного пункта, так и производственные стоки предприятий. Для расчёта компактных установок от индивидуальных объектов, не имеющих сброса сточной жидкости, значения показателей можно ориентировочно рассчитать по таблице 25 СНиП 2.04.03 - 85 (Канализация. Наружные сети и сооружения) с учетом фактического удельного водопотребления воды. Величину рН можно принимать равным 7,2-7,6; такое значение характерно для любых хозяйственно-бытовых стоков в какой бы стране не находился объект по очистке бытовых стоков. Значение температуры сточной жидкости зависит от многих

факторов: района проектирования, источника образования сточной жидкости, протяженности канализационной сети, наличия горячего водоснабжения конкретного населенного пункта или отдельного объекта. При отсутствии этих данных расчетную температуру на стадии проектирования следует принимать из экономических и технологических соображений – не ниже 15°C для зимнего периода и не ниже 25°C для летнего периода года. Нельзя забывать, что стоки выгребных ям относятся к высоко концентрированным по всем загрязнениям, особенно по азоту аммонийному, из-за развития в выгребных ямах процессов глубокой аммонификации органических веществ. Максимальная концентрация азота аммонийного может достигать 200-350 мг/л.

Для компактных установок необходимо в обязательном порядке предусматривать сооружения для стабилизации осадка в аэробных [3] или анаэробных условиях. Стабилизация осадка требуется не только для создания комфортных условий в помещении павильона компактной установки. Необработанный осадок быстро загнивает и выделяет в окружающую среду сероводород, аммиак, индол и меркаптаны, которые вызывают ряд негативных последствий. Во-первых, перечисленные газы относятся к канцерогенным и при постоянном их вдыхании у человека с течением времени развивается профессиональное заболевание – цирроз печени. Во-вторых, без аэробной или анаэробной обработки осадка примерно на 30 % повышаются размеры иловых площадок при естественном обезвоживании осадка или увеличивается расход флокулянта при механическом его обезвоживании. В-третьих, из-за воздействия агрессивной воздушно-капельной среды на контакты датчиков-контролеров система автоматизации быстро выходит из строя.

В отечественной и зарубежной практике проектирования и эксплуатации компактные установки могут работать в автоматическом или ручном режиме. Установки, работающие в автоматическом режиме, намного дороже из-за высокой стоимости датчиков контроля расхода сточной жидкости, температуры, концентрации азота, фосфора, растворенного кислорода и рН. Однако автоматический режим работы установки позволяет исключить влияние человеческого фактора и обеспечить высокое качество очищенных стоков в любое время года и любое время суток. Установки, работающие в автоматическом режиме, требуют для обслуживания специалистов высокой квалификации. Организовать качественное обслуживание можно только бригадным методом с объединением в один узел нескольких компактных установок, расположенных друг от друга на незначительном расстоянии, например, не более, чем на 50-60 км. Если управление компактной установки запрограммировано в ручном режиме, то из-за отсутствия необходимой квалификации у обслуживающего персонала обеспечить постоянную стабильную и высококачественную очистку стоков практически невозможно.

В настоящей работе дается оценка современным компактным установкам производительностью от 300 до 3000 м³/сут, которые предполагается использовать в улусах Республики Саха (Якутия). Многие компактные установки уже прошли апробацию в разных регионах Российской Федерации. Так, моноблочная компактная установка производительностью 300 м³/сут, разработанная фирмой ООО «Агроспецкомплекс» (Белгород 2015 г.), возможно, будет реализована для улуса Бердигестях. Компактная установка производительностью 400 м³/сут построена и в настоящее время функционирует в городе Невельске (остров Сахалин), она также рассматривается как возможный вариант для одного из улусов Республики Саха (Якутия). Компактная установка производительностью 1000 м³/сут, разработанная фирмой «Ди-Ар-Си Строй Групп», введена в эксплуатацию в октябре 2015 году в рабочем посёлке Маслянино Новосибирской области и тоже рассматривается как возможный вариант для её использования в Якутии. Моноблочная компактная установка производительностью 2000 м³/сут разработана и изготавливается ОАО 345 (Балашиха Москов-

ской области). Компактная установка производительностью 3000 м³/сут для рабочего посёлка Жатай Республики Саха (Якутия) разработана ЮПИ г. Ростов-на-Дону, использовавшим технологию, разработанную ООО «ЭКСПРОМ».

Все вышеперечисленные компактные установки относятся к современным и смогут обеспечить высокую степень очистки стоков при условии, что некоторые технические вопросы будут доработаны на стадии проектирования.

Качество стоков. Основной недоработкой проектировщиков при сборе данных для проектирования КУ является использование недостоверных данных по показателям сточной жидкости, особенно для стоков, завозимых из выгребных ям. Стоки выгребных ям относятся к загнившим, глубоко аммонифицированным, отличающимся высокой концентрацией азота аммонийного и фосфора и низкой температурой сточной жидкости в холодный период года. Применительно к конкретному району проектирования Республика Саха (Якутия), отличающегося вечно мерзлым грунтом стоки даже в теплый период года будут иметь в выгребных ямах довольно низкую температуру. В связи с тем, что абоненты, пользующиеся выгребными ямами, экономят воду питьевого качества, ямы заполняются в течение длительного времени. Некоторые ямы к тому же могут ещё и терять воду в результате возможных утечек через отверстия в стенах или днище, поэтому стоки выгребных ям относятся ещё и к высококонцентрированным. Так, в этих стоках максимальная концентрация взвешенных веществ может достигать 2500-3000 мг/л, по БПК_{пол} 2800-3300 мг/л, азота аммония (в пересчёте на N) 60-160 мг/л, фосфор (в пересчёте на P) 30-75 мг/л. Эти показатели принципиально отличаются от рекомендаций, изложенных в табл. 25 СНиП 2.04.03 – 85. Канализация. Наружные сети и сооружения.

Поэтому при привязке этих установок по месту их проектирования прежде всего необходимо тщательно изучить качество стоков, особенно стоков, завозимых из выгребных ям. Для получения достоверных данных отбор проб следует производить *не менее пяти раз, но при обязательном соблюдении следующих условий:* правильная подготовка стоков выгребных ям к отбору, правильный отбор пробы, правильная её транспортировка к месту проведения анализов и профессиональное проведение анализов. Под правильной подготовкой стоков выгребных ям к отбору подразумевается следующее. Перед отбором пробы содержимое выгребной ямы тщательно перемешивается, при этом используются возможности ассенизационной машины. Перемешивание обязательно, так как длительное нахождение стоков в выгребной яме в состоянии покоя приводит к их расслаиванию, в верхней части оказывается отстойная слабо концентрированная сточная жидкость, а в нижней концентрированный осадок.

Режим поступления стоков для всех компактных установок крайне неравномерный как в течении года, сезона, месяца, так и недели, суток, не говоря уже о компактных установках, работающих на привозных стоках. Поэтому и в том, и в другом случае требуется устройство резервуаров-усреднителей, но важно не ошибиться с определением их объёмов. Считаем, что при определении объёмов резервуара в часы максимального поступления стоков необходимо обязательно включать производственные стоки, образующиеся в процессе очистки сточной жидкости (регенерация биоагрузки биореакторов доочистки, промывка фильтров и дисковых микрофильтров, промывка лент фильтр-прессов, а также плановые опорожнения емкостей).

Температура стоков. Не менее важной, а может быть, самой важной проблемой является низкая температура сточной жидкости особенно в зимний период. Её охлаждение начинается в канализационной сети или в выгребных ямах, дальнейшее охлаждение происходит при очистке сточной жидкости несмотря на то, что установки размещены в павильонах. При очистке стоков в компактных установках, размещенных в районах с жарким климатом, сооружения биологической очистки необходимо устраивать в хорошо вентилируемых павильонах.

Инновации компактных установок. К инновациям современных компактных установок относятся применение тонкослойных модулей, носителей прикрепленных микроорганизмов, использование в качестве первой ступени доочистки биореакторов с биоагрузкой, включение в состав КУ дисковых микрофильтров, узлов удаления азота, фосфора и шнековых сгустителей для обезвоживания осадка.

К сожалению, перечисленные инновации имеют ряд серьезных замечаний. Так, до сих пор принципиально не решен вопрос регенерации тонкослойных модулей. Из двух методов регенерации модулей промывка водой и продувка воздухом оба имеют серьезные недостатки. Применение носителей прикрепленных микроорганизмов (биоагрузки) также на сегодня имеет существенный недостаток, заключающийся в некачественной регенерации биоагрузки и возможном вторичном загрязнении очищенной сточной жидкости. Замена песчаных фильтров на микрофильтры не лучший вариант, так как фильтры с загрузкой песка 0,6-1,2 мм могут обеспечить снижение взвешенных веществ до 0-1 м/л, в то время как микрофильтры не могут обеспечить такую степень очистки.

Вариант удаления фосфора на стадии биологической очистки или доочистки стоков, предлагаемый некоторыми производителями компактных установок, не самый лучший, так как удалив из стоков фосфор до 0,2 мг/л, в аэротенках и нитрификаторах будет спровоцирован процесс «вспухания» активного ила, вызванный острым дефицитом одного из основных биогенных элементов (фосфора). Кроме того, ввод реагентов PAX-XL-100 или «Аква-Аурат» в активный ил на стадии биологической очистки вызовет целый ряд проблем. Во-первых, активный ил, утяжеленный кристаллами ортофосфорной кислоты, требует увеличения рабочей интенсивности аэрации в 1,5-2,5 раза, что приведет к неоправданному перерасходу электроэнергии. Во-вторых, для удаления суточной массы кристаллов ортофосфорной кислоты $AlPO_4$ требуется поддерживать их высокую концентрацию в активном иле. В-третьих, образующийся объем избыточного активного ила с кристаллами $AlPO_4$ и гидроксидом алюминия $Al(OH)_3$, будет направляться в аэробные стабилизаторы и подавлять процессы биохимического окисления органических веществ в этом сооружении из-за наличия большого количества ионов Al^{3+} . В-четвертых, высокая степень циркуляции активного ила по внутреннему и внешнему контурам с кристаллами (абразивами) приведет к быстрому износу труб, арматуры и оборудования. В-пятых, образующиеся на стадии биологической очистки кристаллы ускорят засорение аэраторов. И, наконец, реагенты PAX-XL-100 или «Аква-Аурат» в своём составе содержат активный хлор: первый 21,5%, а второй 35 % от общей массы реагента. Он же погубит всё живое в активном иле.

Удаление фосфора необходимо предусматривать на стадии доочистки стоков, причем в качестве реагента использовать вещество, не содержащее хлор. Этот узел не приведёт к чрезмерному накоплению кристаллов ортофосфорной кислоты $AlPO_4$, так как они будут удаляться из системы через каждые 7-10 суток при регенерации носителей прикрепленных микроорганизмов. Однако в узел по доочистке стоков потребуется дополнительно включить резервуар, куда будут сбрасываться грязная вода после регенерации биоагрузки, отделитель кристаллов и узел обезвоживания смеси органического и кристаллического осадков. Этот вариант удаления фосфора позволит снизить затраты на реагенты, исключить нарушение в работе сооружений биологической очистки и предотвратить возврат кристаллов в голову сооружений. Возможно удаление фосфора на стадии доочистки стоков на песчаных фильтрах, но при этом фильтрующую загрузку следует принимать размерами 0,6-1,2 мм, в противном случае зародыши и дозародыши кристаллов могут транзитом проходить через песчаный фильтр.

Вывод. В настоящее время компактные установки отечественных производителей относятся к современным и могут обеспечить высокую степень очистки стоков

при условии, что объект будет введен в эксплуатацию без строительных дефектов и недоделок, оборудование во время эксплуатации будет работать исправно, температура сточной жидкости в любой период года будет сохраняться на уровне, обеспечивающим нормальное протекание биохимических процессов на стадии биологической очистки, обслуживать компактную установку будет обученный персонал, строго соблюдающий рекомендации технологического регламента, при привязке установки по месту будут устранены имеющиеся проектные недоработки.

Список литературы:

1. Яковлев С.В., Карюхина Т.А. Биохимические процессы в очистке сточных вод//М.: Стройиздат,1980 – С – 200.
2. Амбросова Г.Т., Кругликова А.В., Мансуров Р.Ш., Рафальская Т.А., Тимофеев С.Л. Влияние природно-климатических факторов на эффективность работы открытых сооружений комплексов по очистке стоков // Журнал ВиСТ, Москва, 2019, № 4 – С – 48-59.
3. Справочник проектировщика под редакцией Самохина В.Н. Канализация населенных мест и промышленных предприятий// М.: Стройиздат, 1981 – С – 638.

**DIRECTIONS OF IMPROVEMENT OF COMPACT INSTALLATIONS
FOR CLEANING DOMESTIC DRAINS**

G.T. Ambrosova¹; D.V. Tikhonova²; E.I. Yakovleva³

NGASU (Sibstrin), Novosibirsk, 630008, Russia,

e-mail: ¹galina-ambrosova@yandex.ru, ²tikhonova4@mail.ru, ³yakushh1995@mail.ru

Abstract

To carry out this work, a deep analysis of literature on structures and technologies of both domestic and foreign compact installations (CU) was performed. The review, covering the period from 1970 to 2019, showed that many compact installations produced by domestic and foreign manufacturers up to 2000 could reduce only two pollutant indicators in wastewater: BOD and suspended solids. At that time, it was believed that the removal of soluble and insoluble organic pollutants would eliminate the pollution of water bodies, accompanied by varying degrees of their eutrophication. Time has shown that water bodies both bloomed and continued to bloom, however with less intensity, absorbing biogenic elements (nitrogen, phosphorus and sulfur) from water of water bodies. Over time, it was revealed that the element limiting eutrophication is phosphorus. It is established that the concentration of phosphorus in the water below 0.2 mg / l excludes the development of algae in it.

УДК 535.243.25

ВОЗМОЖНОСТИ И ИССЛЕДОВАНИЯ НОЦ ЦИАО РОССИЙСКОГО УНИВЕРСИТЕТА ТРАНСПОРТА В ОБЛАСТИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ И ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

**А.И. Андреев, С.П. Вакуленко, В.В. Виноградов, С.М. Кокин,
В.А. Никитенко, А.В. Пауткина, А.П. Прунцев**
*Российский университет транспорта (РУТ(МИИТ)),
Москва, 127994, Россия; e-mail: andrew_ai@mail.ru, nikitenko100@mail.ru*

Вузовско-академические подразделения и научно-образовательные центры наиболее полно отвечают требованиям настоящего момента, когда создаются новые перспективные научные направления, делаются открытия. Такие структуры способны обеспечить реализацию наиболее эффективных для подготовки специалистов с инновационным мышлением методов – «обучение через исследование» и, наоборот, привлечь к передовым научным исследованиям профессорско-преподавательский состав университетов.

Развитие наукоёмких информационно-аналитических технологий в инновационной образовательной программе РУТ (МИИТ) тесно связано с организацией при кафедре физики нашего университета Научно-образовательного центра фотоники многокомпонентных систем и инструментальных информационно-аналитических технологий (НОЦ ФИАТ, с 2018 года – НОЦ ЦИАО: Научно-образовательный центр «Цифровая информационно-аналитическая оптика») и оснащением его самой передовой спектрально-аналитической аппаратурой, рис.1.



Рис. 1. Оборудование и география поставок НОЦ ЦИАО

Условно НОЦ ЦИАО можно разделить на два кластера: оптоволоконная и сканирующая спектрометрия.

Оптоволоконная спектрометрия базируется на малогабаритных многофункциональных спектрометрах фирмы Avantes разной модификации: 1) AvaSpec-2048 USB2; 2) AvaSpec-2048 FT-2-SPU; 3) AvaSpec-2048 TEC-USB2; 4) AvaSpec-2048x14 USB2; 5) AvaSpec-2048FT-2-TEC (Raman) с программно-управляемыми спектрометрическими волоконно-оптическими измерительными модулями и системой компьютерной поддержки (спектральный диапазон от 190 до 1100 нм). На модулях 1-4 реализованы лабораторные работы по изучению принципов применения методов спектрофотометрии, колориметрии, радиометрии и фотолюминесценции для исследования состава, структуры и свойств конденсированных систем и контроля параметров наноразмерных покрытий (практикум предназначен для студентов и педагогов – слушателей курсов повышения квалификации). На спектрометре 5 могут проводиться исследования молекулярного состава и надмолекулярной наноструктуры конденсированных систем по колебательным спектрам комбинационного рассеяния света и спектрам люминесценции этих объектов с высоким спектральным разрешением.

Вторым кластером являются сканирующие приборы для научных и лабораторных исследований различных веществ фирмы “VARIAN ” (в настоящее время “AGILENT TECHNOLOGIES” – США), НПФ «SIMEX» (Россия, г. Новосибирск) и ЗАО «Спектроскопия, оптика и лазеры » (Республика Беларусь), в том числе:

–Varian Cary 50 – простой спектрометр для рутинных измерений с практически неограниченными возможностями по расширению за счет большого выбора различных приставок и аксессуаров для анализа как жидких, так и твердых образцов (в том числе оптическое сканирование тонких пленок, измерение диффузного и полного отражения, кинетические исследования с перемешиванием в термостатируемых кюветах и т.п.). Оптический диапазон: 190 – 1100 нм.

–Спектрофлюориметр «Cary Eclipse» предназначен для исследования люминесцентных свойств веществ под воздействием электромагнитного излучения. Диапазоны длин волн возбуждения и излучения лежат в пределах 190 – 1100 нм. Прибор позволяет проводить измерения для анализа и исследования как жидких, так и твердых образцов (в том числе сканирование тонких пленок, пастообразных веществ, измерение люминесцентного или отражённого сигналов, кинетические исследования в термостатируемых кюветах и т.п.).

–Фурье-спектрометры инфракрасного диапазона НОЦ ЦИАО предназначены для измерения содержания различных органических и неорганических веществ в твердых, жидких и газообразных образцах, продуктах питания, почвах, волокнах, полимерах, нефтепродуктах, фармацевтических препаратах и т.д. по спектрам поглощения в инфракрасной области электромагнитного излучения. Имеющиеся модели построены по общей принципиальной схеме и отличаются друг от друга особенностями конструкции отдельных узлов (интерферометра, источников и приемников излучения) и возможностью подключения дополнительных внешних приставок.

Так, модель FT-IR Oil Analyzer изготовлена на базе модели Cary 660 FT-IR и имеет интегрированную систему ввода пробы (анализ по ГОСТ бензина, масла, воды на предмет содержания нефтепродуктов и т.д.). ИК-спектрометр с Фурье-преобразованием Varian 7000 FT-IR предназначен для измерений в инфракрасной области спектра в диапазоне от 6000 до 400 см⁻¹ с целью определения структуры и количественного содержания веществ, поглощающих в средней области инфракрасной части спектра (объекты: лекарственные вещества, материалы, пищевые продукты, продовольственное сырье, корма для животных). ИК-спектрометр с Фурье-преобразованием FT-801 используется для регистрации в ближней и средней ИК области спектров поглощения твердых, жидких и газообразных веществ (в том числе наркотиков, лаков и красок, нефтепродуктов, взрывчатых веществ, фармакологических препаратов) с их последующей идентификацией, а также для качественного и количественного анализа смесей, содержащих несколько компонентов.

Согласно статистическим данным в настоящее время доля недоброкачественной продукции на российском рынке достигает 50%, а по некоторым видам продукции приближается к 90% (так, например, некачественный бензин в недавнее время продавала четверть АЗС страны – [1]). Это создаёт значительные проблемы, ведь применение несоответствующих стандартам материалов приводит к преждевременному выходу из строя машин и механизмов, к перерасходу материальных ресурсов, способствует возникновению техногенных аварийных ситуаций, сказывается на здоровье потребителей. В то же время применение высококачественного сырья природного и технического происхождения в индустрии, фармацевтике, косметологии, в пищевой промышленности способствуют сохранению здоровья населения, улучшает качество и продолжительность жизни людей.

В этом плане задачам обеспечения экологической и техносферной безопасности уделяется особое внимание [1-9]. В настоящее время в НОЦ ЦИАО развиваются современные цифровые технологии экспресс-контроля качества и безопасности промышленных и природных объектов, основанные на анализе их спектральных характеристик и обобщённых цифровых факсимильных спектрометрических образов [2-4]. В частности, разработаны методы экситонной дефектоскопии кристаллов [3], по запросам заказчика апробированы спектральные методики анализа горючесмазочных материалов, алкогольной продукции и воды. В качестве примера на рис. 2 показаны полученные нами спектры комбинационного рассеяния излучения лазера с длиной волны 532 нм, позволяющие отличить природные ювелирные изумруды от их искусственных аналогов.

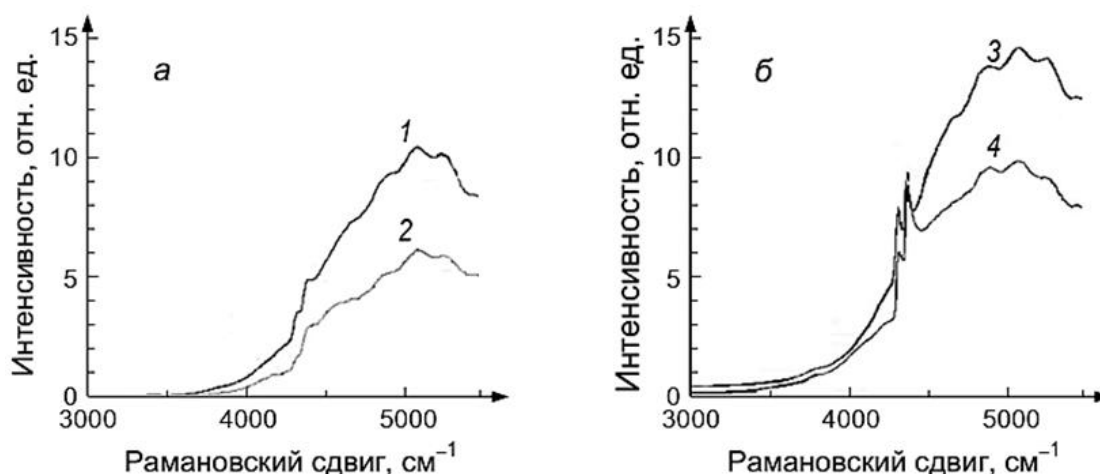


Рис. 2. Спектры комбинационного рассеяния света лазера с $\lambda = 532$ нм для природных (а) и синтетических (б) изумрудов. 1 – уральский изумруд; 2 – колумбийский изумруд; 3 – синтетический, полученный гидротермальным методом, 4 – синтетический, полученный из расплава.

На рис. 3 и 4 приведены полученные нами спектры люминесценции различных проб воды и их факсимильные образы.

Гарантия заявленных эксплуатационных свойств используемых материалов (исходного сырья и изготовленного на его основе конечного продукта), а также защита торговой марки от теневого оборота контрафактных товаров обеспечиваются различными методами. С тем, чтобы оригинал отличался от подделок, фирмы-изготовители снабжают его специальными наклейками, голограммами, помечают акцизными марками и штрих-кодами, разрабатывают для продукта оригинальную тару. Однако, эти меры не являются абсолютно надёжным средством защиты торговой марки, поскольку представляют собой лишь чисто внешние атрибуты. Фальсификаторы способны с высокой точностью повторить все возможные формы идентификации, убеждая потребителя в «подлинности» предлагаемого товара.

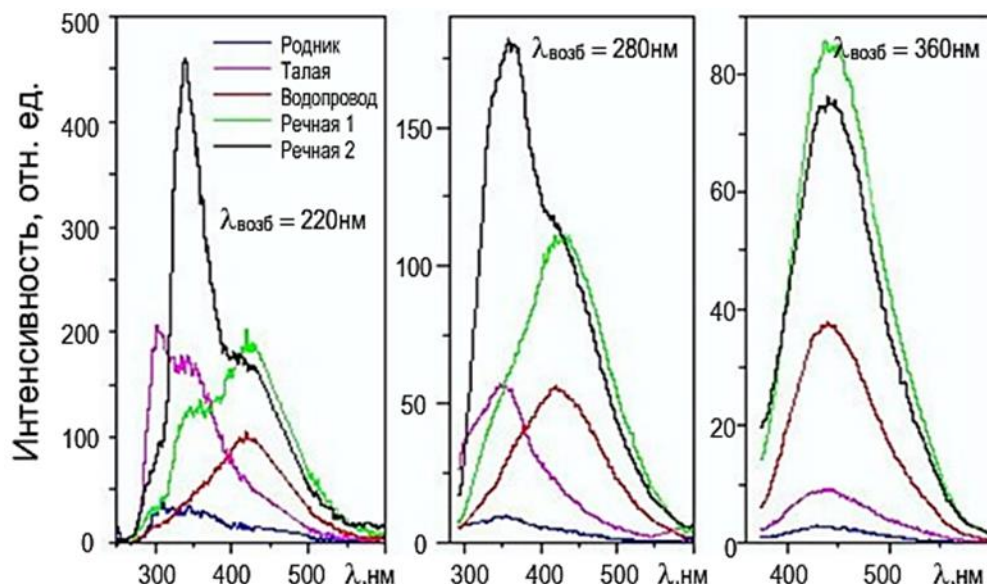
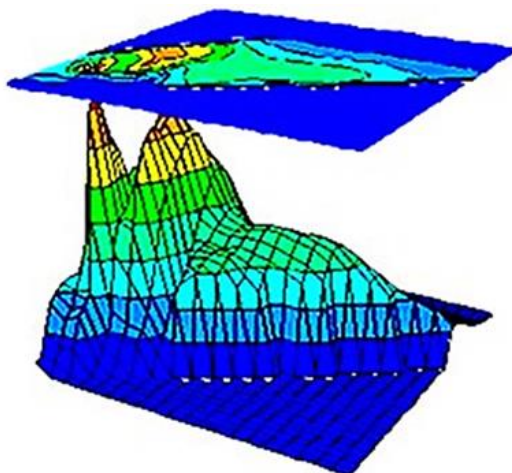


Рис 3. Спектры фотолюминесценции различных проб воды (спектрофлуориметр «Cary Eclipse»)



Построение факсимильного образа

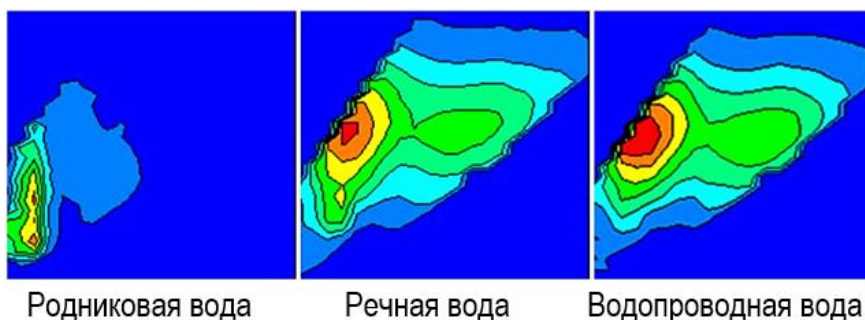


Рис 4. Факсимильные образы комплексной наноструктуры исследуемых образцов воды

Одним из методов, способных обеспечить высокий уровень защиты от контрафакта, является спектрометрическая паспортизация продуктов-оригиналов. Подобная паспортизация представляет собой информационно-аналитический метод контроля [2], опирающийся на специфическое проявление взаимодействия на молекулярном уровне анализируемых объектов с электромагнитным излучением оптического диапазона. Результаты такого взаимодействия (в виде спектров отражения, пропускания, рассеяния и люминесценции) регистрируются и обрабатываются специальными программами, позволяя получить, так называемый, «факсимильный» образ: «трёхмерную» картину, отражающую связь интенсивности сигнала на разных

длинах волн с длиной волны возбуждающего света. Эта картина уникальна для каждого продукта, более того, даже малые вариации состава анализируемого вещества приводят к её заметным изменениям (рис. 3-4), что позволяет, например, легко отличить подделку от оригинала.

В заключение отметим, что НОЦ ЦИАО как университетская структура широко используется в рамках курсов повышения квалификации, при организации лабораторного практикума и экскурсий для студентов и школьников, несет представительские функции на различного рода выставках и презентациях.

Список литературы:

1. Чеботарёв А. «Бодяга» высшего класса / А. Чеботарёв // Аргументы и факты. – 2014. – №39. – С.23.
2. Вакуленко С.П. Контроль качества товаров в мультимодальных перевозках / С.П. Вакуленко, В.А. Никитенко, В.В. Некрасов // Мир транспорта. – 2010. – № 5. – С.34-39.
3. Будилова Е.Н. Очувствление ультрафиолетовой люминесценции ZnO / Е.Н. Будилова, В.А. Никитенко, С.М. Кокин // Известия РАН. Сер. физическая. – 2015. – Т. 79, № 2. – С. 181–185. [Budilova E. N., Nikitenko V. A., Kokin S. M. Sensitizing ZnO Ultraviolet Luminescence. Bulletin of the Russian Academy of Sciences. Physics. 2015. – Vol. 79, № 2. – С. 160–164].
4. Андреев А.И. Лазерная диагностика синтетических и природных разновидностей бериллов / А.И. Андреев, Я.М. Кривошеев, В.В. Некрасов, В.А. Никитенко, М.А. Рыбалко, С.М. Кокин // Известия вузов. Физика. – 2013. – Т.56, №2. – С.25-27.
5. Тимофеева С.С. Техносферная безопасность Байкальского региона: современное состояние и проблемы / С.С. Тимофеева // 21 век. Техносферная безопасность. – М.: 2018. – Т.3, №4. – С.75-90.
6. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды / С.В. Белов. – М.: Юрайт, 2011. – 690 с.
7. Барашков Н.Н. Люминесцентный анализ на службе здоровья / Н.Н. Барашков. – М.: Наука, 1985. – 94 с.
8. Красников В.В. Спектральный люминесцентный анализ / В.В. Красников, Е.И. Тимошкин, А.В. Титкова. – м.: Агропромиздат, 1987. – 287 с.
9. Мартынюк В.Ф. Безопасность в чрезвычайных ситуациях / В.Ф. Мартынюк, Б.С. Мاستрюков. – М.: Нефть и газ, 2003. – 335 с.

**OPPORTUNITIES AND RESEARCHES SEC DIAO OF RUSSIAN UNIVERSITY
OF TRANSPORT IN THE FIELD OF ECOLOGICAL
AND TECHNOSPHERE SAFETY**

**A.I. Andreew, S.P. Vakulenko, V.V. Vinogradov, S.M. Kokin, V.A. Nikitenko,
A.V. Pautkina, A.P. Pruntsev**

Russian University of Transport (MIIT),

Moscow, 127994, Russia; e-mail: andreew_ai@mail.ru, nikitenco100@mail.ru

Abstract

The equipment, structure, the main directions and results of researches and problems of Scientific education center “Digital informational and analytical optics” (SEC DIAO) of Russian University of Transport in the field of optical information and analytical technologies of ecological and technosphere safety are presented.

УДК 628.1

**ПРОБЛЕМЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ВИНОДЕЛЬЧЕСКИХ
ПРЕДПРИЯТИЙ КРЫМА В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ
ПРИРОДООХРАННОГО ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА
В СФЕРЕ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ**

Т.И. Андреевко^{1,2}; С.В. Бережная¹

¹ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,
Севастополь, 299053, Россия, e-mail: ms.malook@mail.ru;

²ФГБУН «Институт морских биологических исследований имени А.О. Ковалевского
РАН», Севастополь, 299011, Россия, e-mail: tatyana-andreenk@mail.ru

Виноделие в Крыму и Севастополе является одним из основных направлений сельскохозяйственной деятельности полуострова на протяжении более двух тысяч лет. Площадь виноградных насаждений в Крыму и Севастополе – более 18 тыс. гектаров.

Большинство винодельческих предприятий Крыма были построены и развивались высокими темпами во времена СССР. Многие из них имеют мировую известность – «Массандра», «Инкерман», «Солнечная долина», «Золотая балка», «Коктебель», «Магарач», «Сатера», «Новый Свет» и другие.

На сегодняшний день процесс развития виноградарства и виноделия Крыма осложнен необходимостью адаптации к нормативной базе Российской Федерации.

Одним из острых вопросов указанного процесса является вопрос водопотребления и водоотведения.

Для винодельческих предприятий Крыма можно выделить следующие особенности в части водопотребления:

- большой объем потребляемой воды (основной объем водопотребления приходится на полив виноградников, мойку технологических емкостей и оборудования);
- наличие на большинстве предприятий систем оборотного водоснабжения;
- жесткость используемой воды, что влечет за собой необходимость проведения работ по водоподготовке;
- недостаток пресной воды в ряде регионов полуострова.

Сточные воды винодельческих предприятий образуются в результате следующих технологических процессов:

- сепарирование на сепараторах;
- мытье оборудования, технологических емкостей и трубопроводов (прессы, гребне отделители, емкости, стеклянная тара для готовой продукции, аппараты охлаждения и пр.);
- хозяйственно-бытовые стоки.

В зависимости от вида хозяйственной деятельности и сезона состав и свойства сточных вод могут меняться потому будет более правильным рассмотреть усредненные показатели (табл.1).

Сточные воды винодельческих предприятий загрязнены:

- 1) большим количеством взвешенных частиц в том числе остатками гребней, листьев, виноградных выжимок;
- 2) виноградным сусликом;
- 3) коллоидами, содержащими белок в виде ила, образовавшимся в процессе танино-желатинового улучшения виноградного сусла;
- 4) остатками «желтой кровяной соли» (калий железистосинеродистый $K_4[Fe(CN)_6] \cdot 3H_2O$ представляет собой кристаллы лимонно-желтого цвета, растворим

в воде, имеет горько-соленый вкус), применяемой для стабилизации виноматериалов склонных к металлическим помутнениям.

С 1 января 2019 года были внесены существенные изменения в основные законодательные акты Российской Федерации в сфере водоотведения. Рассмотрим достоинства и недостатки основных документов в указанной сфере.

Таблица 1

Усредненные показатели загрязнений сточных вод заводов первичного виноделия

Наименование показателей	Пределы значений	
	Минимальный	Максимальный
Температура сточных вод, °С	8	32
Запах	винный	кисло-винный
Цвет	розовый	темносерый
Прозрачность, см	0	17,5
Взвешенные вещества, мг/л	52	2914
Плотный остаток, мг/л	120	3800
рН	5	8
Аммонийный азот, мг/л	0,08	40
Нитриты, мг/л	0,005	1,0
Нитраты, мг/л	0,2	4,0
Окисляемость, мгО ₂ /л	28	2568
БКП ₅ , мгО ₂ /л	30	2729

Федеральный закон от 07.12.2011 № 416-ФЗ «О водоснабжении и водоотведении» (далее – 416-ФЗ) предусматривает установление нормативов состава сточных вод (НССВ) для абонентов и проведение контроля состава и свойств сточных вод, сбрасываемых абонентом в централизованную систему водоотведения. Установление НССВ передано в ведение органов местного самоуправления и должно осуществляться с учетом показателя эффективности удаления загрязняющих веществ очистными сооружениями организаций, осуществляющих водоотведение. В зависимости от эффективности тех или иных очистных сооружений к аналогичным предприятиям могут устанавливаться разные требования к составу сточных вод, что усложняет:

- разработку типовых схем очистки сточных вод винодельческих предприятий;
- снижает возможность использования ранее разработанных и сертифицированных систем очистки (сертификация таких сооружений влечет за собой дополнительные затраты).

Необходимо отметить, что 416-ФЗ предусматривает два пути сброса очищенных сточных вод, а именно в централизованную систему водоотведения или в водный объект (пруд, озеро, река, море, океан и пр.). Законом не предусмотрена возможность сброса очищенных сточных вод на рельеф.

Большинство винодельческих предприятий Крыма имеет собственные виноградники. При установке на предприятиях современных локальных очистных сооружений сточные воды могут быть очищены до гигиенических нормативов, позволяющих использовать их для полива собственных виноградников. Однако, контролирующие органы рассматривают такие действия как сброс сточных вод на рельеф.

Возможность получения разрешения на сброс очищенных сточных вод на рельеф позволит:

- снизить затраты на водопотребление;
- экономить природные ресурсы, что весьма актуально в связи с ограниченными объемами питьевой воды на территории Крыма.

Следует отметить, что большинство винодельческих предприятий Крыма расположены вдали от водных объектов, в которые возможно произвести сброс сточных вод и одновременно не имеют доступа к централизованным системам водоотведения ввиду их полного отсутствия в части поселков Крыма. Таким образом даже при наличии на предприятии локальных очистных сооружений юридические лица несут дополнительные затраты на откачку и транспортирование очищенных сточных вод (тех вод, которые могут быть использованы для полива) до сливных станций.

Постановление Правительства РФ от 29.07.2013 N 644 "Об утверждении Правил холодного водоснабжения и водоотведения и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации" предусматривает разработку и согласование плана по соблюдению требований к составу и свойствам сточных вод для абонентов, допустивших превышение загрязняющих веществ в стоках. Одним из вариантов реализации плана является строительство/ модернизация локальных очистных сооружений. Учитывая тот факт, что установление НССВ передано в ведение органов местного самоуправления, и должно осуществляться с учетом показателя эффективности удаления загрязняющих веществ очистными сооружениями организаций осуществляющих водоотведение требования по строительству локальных очистных может меняться от года к году в зависимости от состояния городских очистных сооружений. Такие изменения могут повлечь за собой:

- дополнительные траты на постоянную модернизацию очистных сооружений;
- сложности при расчетах на этапе проектирования локальных очистных сооружений;
- сложности выполнения НССВ при необходимости расширения производства (здесь необходимо учитывать, что виноделие является одним из приоритетных направлений деятельности и государство регулярно разрабатывает различные программы позволяющие получить льготы при модернизации производства. Увеличение объемов производства соответственно влечет за собой пропорциональное изменение количества стоков и, возможно, содержания в них загрязняющих веществ).

На сегодняшний день отсутствует единый документ устанавливающий порядок согласования проектирования и ввода в эксплуатацию локальных очистных сооружений.

Проект на очистные сооружения должен быть согласован с территориальным органом Росприроднадзора, Роспотребнадзор, Росрыболовства и другими.

По результатам проведенного анализа можно сделать выводы об отсутствии:

- законодательной возможности сброса очищенных сточных вод на рельеф для абонентов, не имеющих доступа к централизованную систему водоотведения;
- единого документа, регламентирующего процедуру согласования проекта локальных очистных сооружений и их ввода в эксплуатацию.

Таким образом, выявленные проблемы в сфере водопользования винодельческих предприятий Крыма в условиях изменения природоохранного законодательства невозможно решить без разработки и применения дополнительных нормативных актов.

Список литературы:

1. Федеральный закон от 07.12.2011 № 416-ФЗ «О водоснабжении и водоотведении» [Электронный ресурс] – режим доступа http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_122867/.
2. Постановление Правительства РФ от 29.07.2013 N 644 "Об утверждении Правил холодного водоснабжения и водоотведения и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации" [Электронный ресурс] – режим доступа http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_150474/.
3. Сточные воды предприятий винодельческой промышленности [Электронный ресурс] – режим доступа http://ohrana-bgd.ru/eda/eda1_03.html

**THE PROBLEMS OF PURIFICATION OF WASTE WATER WINEMAKING
ENTERPRISES OF THE CRIMEA IN THE CONDITIONS OF CHANGES
IN ENVIRONMENTAL LEGISLATION IN THE FIELD OF WATER USE**

T.I. Andreenko^{1,2}, S.V. Berezhnaya¹

¹*Sevastopol State University, Sevastopol, 299053, Russia, e-mail: ms.malook@mail.ru*

²*A.O. Kovalevsky Institute of Marine Biological Research RAS,
Sevastopol, 299011, Russia, e-mail: tatyana-andreenk@mail.ru*

Abstract

The problems in the field of water use of wineries in the Crimea in terms of adaptation to the regulatory framework of the Russian Federation and changes in environmental legislation are considered. The analysis of the main existing regulations in the field of sanitation is carried out. The conclusion about necessity of development and introduction of additional regulations is made.

ПРОБЛЕМА ОПОЛЗНЕВЫХ ПРОЦЕССОВ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА СЕВАСТОПОЛЯ

Т.И. Андреев^{1,2}; В.И. Дон¹; В.А. Данилова¹

¹ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,
Севастополь, 299053, Россия, e-mail: don.vikusik@mail.ru

²ФГБУН «Институт морских биологических исследований имени А.О. Ковалевского
РАН», Севастополь, 299011, Россия, e-mail: tatyana-andreenk@mail.ru

Природные угрозы на территории г. Севастополя обусловлены его физико-географическим положением и природно-климатическими условиями. В последние годы появилась тенденция увеличения числа стихийных бедствий и связанных с ними чрезвычайных ситуаций (ЧС) природного характера. Что является следствием, как геофизических циклических процессов, так и значительного увеличения антропогенной нагрузки на геологическую среду [1].

Наиболее опасными природными явлениями, стихийными бедствиями, с возможностью перерасти в ЧС, на территории г. Севастополя являются землетрясения, оползни, сели, карстовые процессы, абразия береговой полосы.

Оползневые процессы – это опасные экзогенные геологические явления, связанные с отрывом горных пород, перемещением их по склону под влиянием силы тяжести и приводящим к необратимым преобразованиям в рельефе.

На территории Российской Федерации определены 77 районов, на которых находится 291 опасный оползневой массив и 38 районов со 112 селеопасными направлениями, вместе создающие угрозу 329 населенным пунктам с населением около 42,5 тыс. человек [2].

В настоящее время на Крымском полуострове по разным оценкам насчитывается около полутора тысячи оползней, из которых примерно одна треть имеет техногенное происхождение [3].

Город Севастополь так же относится к числу регионов РФ с интенсивным развитием оползневых процессов [1]. Оползни и обвалы на территории Севастопольского региона являются зоной риска возникновения ЧС, связанной с разрушениями зданий и сооружений, прекращением автомобильного и железнодорожного сообщения, человеческими потерями среди населения и материальным ущербом. Активизация оползневых процессов разрушительно влияет на объекты энергетики г. Севастополя. Угрозе подвержены опоры высоковольтных сетей электропередачи, что может привести к обрыву проводов и кабельных линий, а также повреждению трансформаторных подстанций. Велика вероятность оползней известняковых глыб с обрывов. Наибольшую опасность в этом отношении составляют участки района мыса Айя и Балаклава, а также район Бахчисарайского шоссе.

В зависимости от основных причин возникновения оползни делят на следующие виды:

- абразионные, причиной возникновения, которых является абразия; базисом этих процессов является современный уровень Черного моря;
- эрозионные, возникающие под влиянием эрозионной деятельности рек и временных водотоков;
- техногенные и естественно-техногенные оползни, которые образовались в результате инженерно-хозяйственной деятельности человека.

По механизму смещения массы рыхлой горной породы оползни можно классифицировать на блоковые, оползни сдвига, растяжения, разжижения. По мощности процесса выделяют:

- малые оползни – до 10 000 м³;
- средние оползни – от 11 до 100 000 м³;
- крупные оползни – от 101 до 1 000 000 м³;
- очень крупные оползни – свыше 1 000 000 м³.

В настоящее время на территории г. Севастополя зафиксировано 162 оползня, что составляет около 10% от всего числа оползней Крымского полуострова [3].

По данным Горячкина Ю.Н. и Федорова А.П. в Ленинском районе города Севастополя зафиксирован один оползень. В Гагаринском районе – девять, в Нахимовском 37, из которых 28 находятся на Северной стороне, причем 20 из них расположены в береговой зоне между м. Коса Северная и п. Андреевка [3].

Оползневые процессы на Северной стороне Севастополя и сегодня продолжают разрушать побережье. Так в июле 2018 года массивный сдвиг грунта в районе пляжа Толстяк вызвал обрушение небольшого хозяйственного строения, которое целиком ушло в обрыв. Кроме того, в зоне риска оказались более трех десятков земельных участков.

3 марта 2019 г. в этом районе вновь активизировался оползень. Массив грунта шириной примерно 100 м откололся от склона и сдвинулся в сторону моря на 15 м, выдавив морское дно. Одной из причин такой активности, возможно, стала очень плотная застройка домами, в которых отсутствует канализация и соответственно контроль сброса образующихся стоков.

В Балаклавском районе установлено 118 оползней, 42 из которых находятся в пределах Севастопольской зоны Южного берега Крыма между м. Айя и м.Сарыч, 13 оползней – в береговой зоне между м.Лермонтова и Мраморной балкой, 8 – в районе Балаклавских карьеров, 10 – в Балаклаве и её окрестностях, 4 – в районе Сухой речки, 37 – в береговой зоне и на склонах между Балаклавой и м. Айя, один – у лагеря «Горный» (с. Колхозное), три – на шоссе Севастополь – Байдарские ворота [3].

Опасность ЧС, связанных с процессами абразии водоемов города Севастополя и побережья Черного моря, характеризуется геолого-морфологическим составом коренных пород побережья. Проявляется абразия в виде обрушения берегов, осыпи, отступления береговой линии, сокращения пляжей и рекреационных зон. Наносит значительный ущерб населению и экономике, сокращает рекреационные ресурсы и может повлечь человеческие жертвы. Опасность ЧС определяется активизацией абразийных процессов побережий в течение года.

В городе Севастополь особенно подвержен абразии берег моря от пляжа Учкучевка до села Андреевка, где береговой уступ высотой до 18,0 м, сложенный в основном из непрочных пород, отступает со скоростью 0,1-0,4 м/год (в некоторые годы до 5 м/год). Абразивный берег наблюдается в Южной бухте и на участке берега, сложенного известняками, от мыса Фиолент до мыса Херсонес. При общей протяженности береговой полосы от поселка Кача до поселка Форос (более 100 км) устойчивые участки составляют не более 20%, а 80% побережья подвержено интенсивной абразии [1].

В среднем из 103,5 км побережья Севастопольского региона 79 км подвержено воздействию абразийно-оползневых процессов, наиболее опасные участки более 12 км:

- береговая полоса от мыса Коса Северная до с. Андреевка;
- мыс Хрустальный;
- от мыса Херсонес до м. Фиолент;
- территория Южного Берега Крыма [4].

На автомобильных дорогах общего использования наиболее опасные участки находятся на дороге Симферополь-Ялта-Севастополь. Разрушения автодорожного полотна происходят ежегодно с различной степенью, отмечается тенденция к возрастанию объемов разрушения [1].

9 марта 2017 г. оползнем разрушен участок трассы (54-55 км) Севастополь-Бахчисарай-Симферополь, введено ограничение движения на участке, в связи с проведением срочных ремонтных работ из-за провала грунта. Участок автодороги Н-06 54 км – 55 км в районе с. Поворотное длиной более 100 метров, подвержен воздействию оползневых процессов. Суммарная длина аварийного участка составляет 99,57 м, при ширине проезжей части 16 м площадь, пораженная оползнем, составляет 1593,12 м². Оползню был присвоен статус ЧС [4].

26 декабря 2018 г. произошел обвал горной породы на 47 километре на автодороге трассы Ялта – Севастополь, в районе Ласпи.

На железной дороге, участок Симферополь-Севастополь оползневые явления также не затухают. Так в мае 2007 года оползень в Инкермане подобрался к железной дороге, связывающей Севастополь и Симферополь. Специалисты обследовали состояние полотна перед каждым прохождением поезда и ограничили скорость движения составов до 25 км в час. Складки асфальта говорили о продолжении движения грунтовых масс.

В целом ситуация с активизацией оползневых процессов на территории города Севастополя неудовлетворительна, что может привести к возникновению ЧС различного уровня. В связи с чем, Правительство Севастополя на официальном сайте разместило «Карту наблюдательной сети оползневых участков на территории города федерального значения Севастополя» и свод правил по защите зданий и сооружений от «опасных геологических процессов» [5].

Для предотвращения оползней на территории г. Севастополя возможно применение следующих методов борьбы с оползневыми и обвальными явлениями:

- организация стока поверхностных вод в зоне оползней и прилегающих к ней территорий;
- дренирование подземных вод путем сооружения различных дренажных систем;
- уменьшение внешних нагрузок;
- уполаживание откосов и пригрузка их с помощью контрбанкетов;
- ограждение откосов и защита их от подмыва и размыва проточными водами рек или волнами морей, водохранилищ;
- зеленые насаждения по верху откоса и оползневом откосе;
- искусственное закрепление масс оползневого тела;
- искусственные сооружения для удержания грунтовых масс.

Список литературы:

1. Комплексное исследование влияния рисков природных и техногенных чрезвычайных ситуаций на безопасность жизнедеятельности населения Республики Крым и г. Севастополя / А.В. Верескун, Т.Ш. Файзулин, И.Ю. Олтян, С.Е. Байда, С.В. Зиновьев, Е.М. Барышев, М.А.Балер, Е.Ю. Булгакова. М.: ВНИИ ГОЧС (ФЦ) МЧС России, 2015. 208 с.
2. Официальный сайт МЧС России: [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <http://www.mchs.gov.ru> (дата обращения: 13.04.19).
3. Горячкин Ю.Н., Федоров А.П. Оползни Севастопольского региона. Часть 1. Северная сторона [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: http://ecosafety-mhi.ru/phocadownload/2018_number1/goryachkin.pdf (дата обращения: 20.04.19).
4. Мишкова Д.В., Андреев Т.И. Оползни и их проявления в г. Севастополь / Д.В.Мишкова, Т.И. Андреев // Наука, образование, производство в решении экологических проблем Экология – 2017: материалы XIII Международной научно-технической конференции / Уфим. гос. авиац. техн. ун-т. – Уфа: ООО «Первая типография», 2017. – С. 254-258.
5. Официальный портал органов государственной власти Правительство Севастополя: [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <https://sevastopol.gov.ru/info/messages/60229/>(дата обращения: 20.04.19).

**THE PROBLEM OF THE LANDSLIDE PROCESSES ON THE TERRITORY
OF SEVASTOPOL CITIES**

T.I. Andreenko^{1,2}, V.I. Don¹, V.A. Danilova¹

¹Sevastopol State University, Sevastopol, 299053, Russia, e-mail: don.vikusik@mail.ru

*²A.O. Kovalevsky Institute of Marine Biological Research RAS,
Sevastopol, 299011, Russia, e-mail: tatyana-andreenk@mail.ru*

Abstract

The main causes of landslides in the city of Sevastopol are considered. Statistical data on landslides are given. It is shown that at present situation with the activation of landslide processes on the territory of Sevastopol is unsatisfactory. An anthropogenic factor plays an important role. A set of measures is proposed to prevent landslides on the city of Sevastopol. A number of methods for dealing with landslide processes on the territory of Sevastopol are proposed.

ТЕХНИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ОТХОДОВ САДОВОДСТВА И ВИНОГРАДАРСТВА ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РЕГИОНОВ РОССИИ

Т.И. Андреев, С.В. Киселева, Ю.Ю. Рафикова

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
г. Москва, 119991, Россия, e-mail: tanyandr00@mail.ru*

Использование древесной биомассы, полученной от обрезки и удаления многолетних сельскохозяйственных насаждений, для нужд энергетики является относительно новым направлением, которое сейчас активно исследуется и развивается в Европе. Изучению данного направления был посвящён проект EuroPruning 7-й Рамочной Программы ЕС (проект завершен в 2016 г.). В настоящее время на заключительной стадии находится проект uP_running и в январе 2019 года стартовал проект AgroBioHeat программы «Горизонт 2020» [1,2]. В рамках этих проектов проведены оценки объемов растительных остатков агропромышленного комплекса, в том числе обрезки многолетних растений (садов, оливковых рощ и виноградников) и отходов переработки сельскохозяйственного производства (оливковые косточки, ореховая скорлупа и др.), которые в больших объемах накапливаются в сельских районах. Разрабатываются эффективные логистические схемы коротких и надёжных поставок этой биомассы и использования её как топлива. Логистические решения включают в себя сбор урожая, транспортировку и хранение сельскохозяйственных отходов. Опыт европейских стран показывает, что использование отходов выращивания многолетних насаждений для получения энергии может носить коммерческий, экономически выгодный характер. Кроме того, энергетическое использование агробиомассы оказывает положительное социальное воздействие на регионы, а именно, обеспечивает создание дополнительных рабочих мест и может предотвратить отток молодёжи из сельской местности. Наконец, проекты призваны способствовать распространению доступных современных отопительных систем, которые с высокой эффективностью используют агробиомассу вместо традиционного топлива, снижая тем самым уровень вредных выбросов и улучшая экологическую обстановку регионов.

В России садоводство и виноградарство также является традиционным направлением сельского хозяйства в южных регионах страны. По технологии выращивания винограда ежегодно, после сбора урожая в осенне-зимний период, производится обязательная обрезка растений, в результате которой с каждого гектара виноградников удаляются тонны обрезанной лозы. Также ежегодно производится формирующая и санитарная обрезка плодовых насаждений региона. В таблице 1 приведены рассчитанные нами по литературным данным параметры, характеризующие количество древесных отходов и их энергосодержание [3]. Площади плодовых садов и виноградников муниципальных образований субъектов РФ (Волгоградской области, Краснодарского края, Республик Дагестан и Крым) были взяты из Базы данных показателей муниципальных образований Росстата [4]. Используя коэффициенты Таблицы 1 и площади садов и виноградников, нами рассчитано энергосодержание древесных отходов ежегодной обрезки плодовых деревьев и лозы винограда муниципальных образований указанных субъектов. Более подробно результаты оценок по территории Республик Крым и Дагестан представлены в работах [5,6].

На рисунке 1 и 2 показано распределение энергосодержания отходов обрезки плодовых деревьев и виноградной лозы для муниципальных образований Краснодарского края и Республики Крым.

Коэффициенты для расчёта массы отходов растениеводства (многолетние культуры) и их энергосодержания

Вид древесных отходов	Масса отходов, т/га*год	Удельная теплота сгорания, МДж/кг	Энергия, выделяющаяся при сгорании отходов, т у.т./га*год
Обрезки виноградной лозы	3	16	1,638
Обрезки плодовых деревьев	5	10,5	1,791

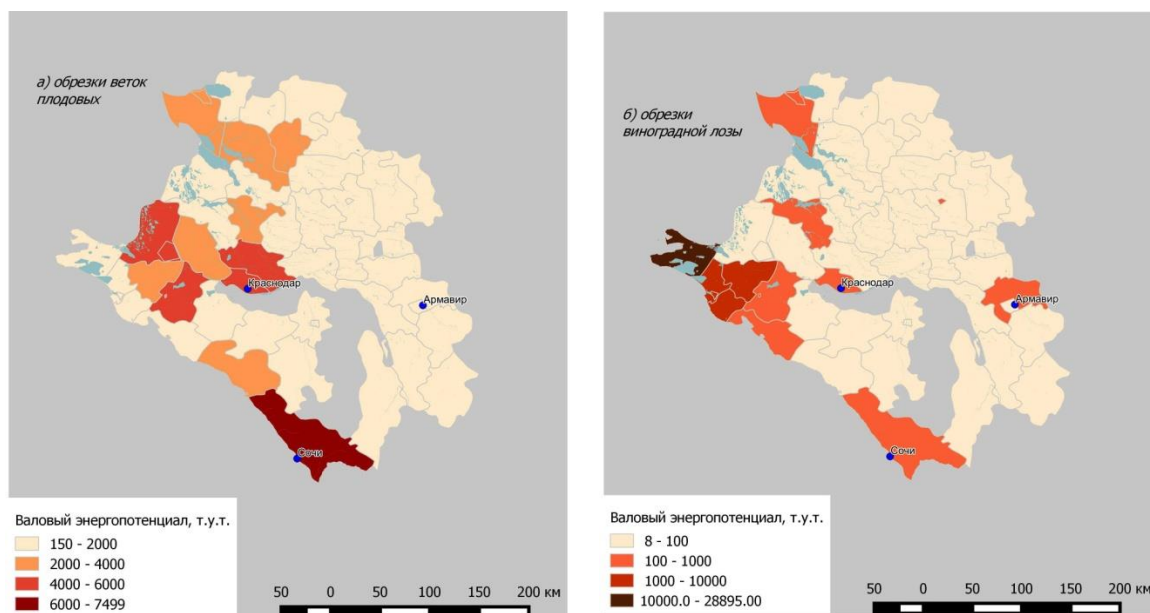


Рис. 1. Энергосодержание отходов обрезки веток плодовых деревьев (а) и виноградной лозы (б) для территории Краснодарского края.

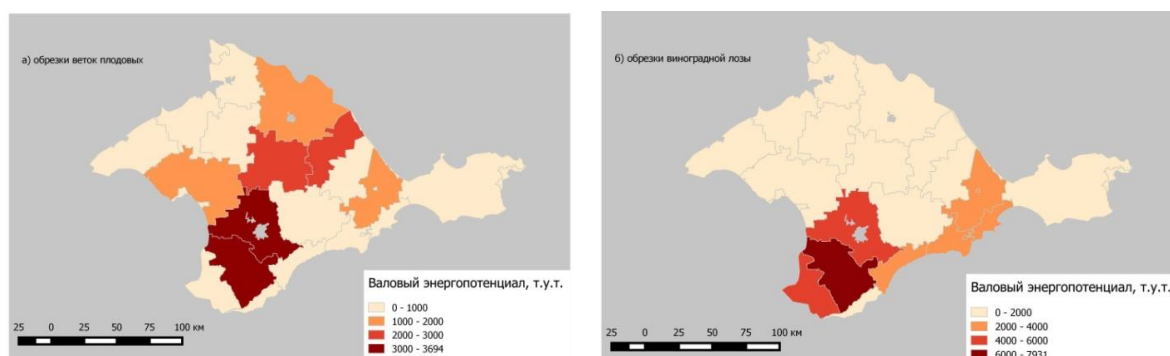


Рис. 2. Энергосодержание отходов обрезки веток плодовых деревьев (а) и виноградной лозы (б) для территории Республики Крым.

Рисунки позволяют выделить районы с наибольшим энергетическим потенциалом использования биомассы отходов плодоводства и виноградарства. Лидирующими по регионам являются Темрюкский район (обрезки лозы) и городской округ Сочи (обрезки веток плодовых) Краснодарского края, а также Бахчисарайский район (по обрезкам виноградной лозы и плодовых) Республики Крым.

Для оценки технического потенциала предполагалось, что КПД преобразующего устройства равно 75%, потребление энергии на собственные нужды –5%. Показано, что потенциал отходов садоводства и виноградарства для южных регионов России значителен и достигает в максимуме 350 000 Гкал/год от обрезки плодовых и 200 00

Гкал/год от обрезки виноградной лозы (рис. 3). В этом результате не учтен еще один источник древесины, который имеет место при эксплуатации как виноградников, так и плодовых садов, и может быть использован для получения энергии. Это древесные отходы, образующиеся при удалении многолетних насаждений, – выкорчевывании садов и виноградников. Установлено, что при удалении старого сада с 1 га его площади можно получить древесину с энергосодержанием от 7,2 до 10,8 т у.т. [7]. Это обстоятельство будет иметь все большее значение при развитии интенсивного садоводства, которое подразумевает более высокую плотность посадки деревьев и частую замену старых садов новыми.

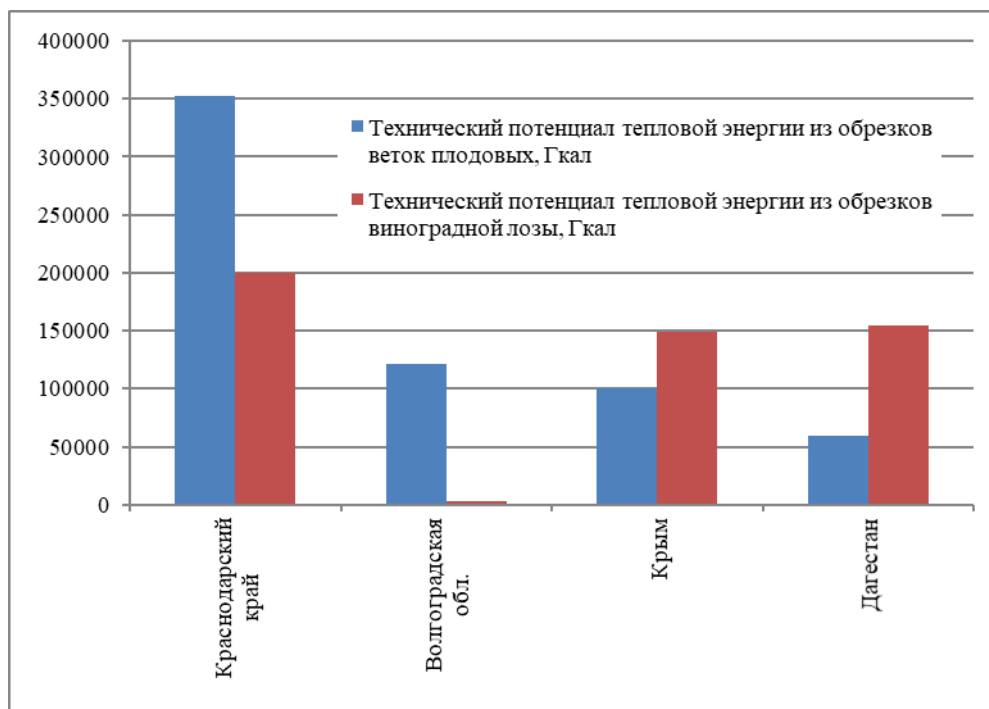


Рис. 3. Технический потенциал тепловой энергии из отходов ежегодной обрезки плодовых деревьев и виноградной лозы для регионов юга России.

В Европе до недавнего времени общераспространенной практикой утилизации обрезков было сжигание на месте их образования или измельчение и прикопка в почву. Но в течение нескольких последних лет наблюдается устойчивая тенденция добровольного или законодательно закрепленного отказа от сжигания биомассы обрезков древесины как средства их утилизации [7]. Зато активно развивается их энергетическое использование, причем не только в качестве дров для местного населения. Функционируют коммерчески успешные предприятия, на которых эти отходы измельчаются, перерабатываются в щепу или пеллеты и используются для производства технологического пара, получения тепловой и электрической энергии. Отмечается, что пока уровень привлечения биомассы обрезков многолетних насаждений к рынку биотоплива низок. Основной причиной этого является проблема логистики (сбор, измельчения, доставка), связанная с рассредоточенностью многолетних сельскохозяйственных насаждений и сравнительно небольшой площадью единичного насаждения. Проектом uP_runing Программы ЕС Горизонт 2020, который продлится 2016–2019 гг., предусмотрено преодоление существующих барьеров в данном сегменте биоэнергетики и создание условий для практического использования до 50% энергетического потенциала этого вида топлива [7].

Эта работа была выполнена в рамках Госзадания «География и рациональное использование возобновляемых источников энергии».

Список литературы:

1. «Горизонт 2020» (Horizon 2020) или Восьмая рамочная программа Европейского Союза по развитию научных исследований и технологий (РП8). https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%BE%D1%80%D0%B8%D0%B7%D0%BE%D0%BD%D1%82_2020. - Электронный ресурс. - Дата обращения: 01.04.19
2. Проекты, с которыми связан проект uP_running. <https://www.up-running.eu/related-projects>). - Электронный ресурс. - Дата обращения: 10.04.19.
3. Алексашкин И.В., Яшенков В.О., Поляков Е.П. Перспективы использования биотоплива в Крыму на примере виноградной лозы // Культура народов Причерноморья. – 2009. – №156. – с.7-9
4. База данных показателей муниципальных образований. - Электронный ресурс. - <http://www.gks.ru/dbscripts/munst>. - Дата обращения - 10.04.19
5. Андременко Т.И., Киселёва С.В., Рафикова Ю.Ю. Потенциал отходов сельскохозяйственного производства для обеспечения экологической и энергетической безопасности Республики Крым // Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность -2018. — ФГАОУ ВО "Севастопольский государственный университет" г.Севастополь, 2018. — с. 87–91.
6. Andreenko T., Rafikova Yu. and Tulegenova A.. Technical potential of crop production wastes as energy resource for agricultural regions of Russia // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (В печати).
7. Гелетуха Г.Г., Железна Т.А., Драгнев С.В., Баштовий А.И. Перспективи використання біомаси від обрізки та видалення багаторічних сільськогосподарських насаджень для виробництва енергії в Україні // Промышленна Теплотехніка. – 2018. - т. 40, № 1. – с. 68-74.

TECHNICAL ENERGY POTENTIAL OF WOODY BIOMASS FROM AGRARIAN PRUNING FOR AGRICULTURAL REGIONS OF RUSSIA

T.I. Andreenko, S.V. Kiseleva, Yu.Yu. Rafikova

Lomonosov MSU, Moscow, 119991, Russia, e-mail: tanyandr00@mail.ru

Abstract

The use of woody biomass obtained from pruning and removal of perennial agricultural plantations for energy needs is a relatively new direction, which is now actively explored and developed in Europe. The study of this area was devoted to the project Euro-Pruning of the 7th EU Framework Program (completed in 2016). Currently, similar work continues under the uP_runing EU Horizon 2020 project. The experience of European countries shows that the use of waste perennial plants for energy can be energetically and cost-effective. In Russia, also gardening and viticulture is a traditional direction of agriculture in many regions. Waste pruning in the cultivation of perennial plants can also be used in energy development. The work is devoted to territory assessment for searching areas with promising raw material resources by means of geo-information technologies. The calculations of the waste from the annual pruning of gardens and vineyards technical potential were carried out for the number of Russian regions. According to the assessment of the energy content of waste from perennial agricultural plantings, their use for energy purposes may be promising in some areas of Russia, which are shown on maps.

УДК 608.2

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПРИМЕНЕНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ ДЛЯ РЕСПУБЛИКИ КРЫМ И ГОРОДА СЕВАСТОПОЛЬ

Т.И. Андреев^{1,2}; Д.Ю. Котельников¹

¹ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,
Севастополь, 299053, Россия, e-mail: DumSword@yandex.ru

²ФГБУН «Институт морских биологических исследований имени А.О. Ковалевского РАН», Севастополь, 299011, Россия, e-mail: tatyana-andreenk@mail.ru

В настоящее время все отрасли энергетики интенсивно развиваются, стремясь выйти на качественно новый уровень, позволяющий достичь внедрения новейших технологий. Одной из не решённых проблем на этом пути остается преобладание использования традиционных источников энергии (ископаемые виды топлива), над возобновляемыми (солнечная, геотермальная, ветровая и прочие виды энергии). При этом, запасы традиционных источников энергии, стремительно уменьшаются. По оценкам экспертов срок их исчерпания варьируется от сотни лет до нескольких десятилетий добычи в относительно безопасном для окружающей среды темпе. Уже сейчас прослеживается тенденция увеличения цен на электроэнергию, которая, с каждым последующим годом, будет лишь усиливаться.

Не следует упускать и другой аспект- энергетика, использующая традиционные источники энергии, является серьезным источником неблагоприятного воздействия на человека и окружающую среду. Для атмосферы это, прежде всего поступление продуктов сжигания в виде оксидов серы, азота, углерода и твердых частиц, содержащих токсичные металлы в виде ртути, мышьяка, свинца и кадмия. Как известно, большое количество выбросов углерода способствует повышению температуры на Земле, что может привести к изменению климата. Основной вред гидросфере несут сточные воды основных и вспомогательных производств, в которых содержатся нефтепродукты, ингибиторы коррозии, фосфаты и прочие вещества, действие которых пагубно сказывается на мировом океане. Негативное антропогенное воздействие на литосферу включает в себя: загрязнение почвы газодымовыми выбросами промышленности, что приводит к повышенному содержанию тяжёлых металлов (ртуть, свинец), создание свалок, могильников радиоактивных отходов, золоотвалов электростанций.

Неоспоримыми плюсами использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ) являются: экологическая чистота, доступность и возобновляемость, подобные источники просто не могут исчерпаться ввиду своей природы.

Одной из главных проблем повсеместного внедрения электростанций, использующих ВИЭ, является необходимость вложения высоких первоначальных инвестиций в их внедрение. Кроме того, стоимость получаемой на выходе электроэнергии указанных электростанций, значительно превышает цену электрической энергии, полученной путём применения традиционных источников.

Сложившаяся ситуация с использованием ВИЭ на Крымском полуострове неоднозначна. Основная энергетическая инфраструктура полуострова является устаревшей и нуждается в реконструкции. Подобные работы требуют крупных финансовых вливаний, особо остро бьющих по экономике на фоне тенденции повышения цен на ископаемые виды топлива (газ, нефть) и продукты высокотехнологичной промышленности. Обновление и оптимизация электрических сетей и станций обязаны учитывать внедрение инновационных подходов в использовании ВИЭ, для раскрытия своего полного потенциала. Не смотря на крупные первоначальные затраты, зало-

женный энергетический фундамент выйдет в стадию самокупаемости, ввиду обилия на Крымском полуострове ВИЭ.

Экономически достижимый потенциал использования ВИЭ в Крыму представлен в таблице 1 [1].

Таблица 1

Экономический потенциал Крымского полуострова

Источник электроэнергии	Потенциал, ГВт·час/год
Биомасса	734,14
Низкопотенциальная тепловая энергия сточных вод	477
Солнечная энергия	270
Геотермальная энергия	207,36
Низкопотенциальная тепловая энергия грунтов и грунтовых вод	206
Мелкомасштабные источники гидроэнергии	63
Излишек биогаза	29
Всего:	1986,5

Что касается самого топливно-энергетического комплекса Республики Крым, то отпуск электрической энергии в 2014 г. составил 5416,6 кВт·час, что на 8,1% меньше, чем за период 2013 года. Генерация электроэнергии станциями полуострова в 2014 г. представлена в таблице 2 [2].

Таблица 2

Генерация электроэнергии Крымского полуострова

Тип электростанции	Производимая электроэнергия, кВт·час
Теплоэлектростанция	678,2 млн.
Мобильные газотурбинные электростанции	169 млн.
Солнечная электростанция	165,4 млн.
Ветровая электростанция	114,9 млн.
Всего:	1130,6 млн

Исходя из данных, полученных с официального сайта правительства Республики Крым, видно, что процент электростанций, использующих ВИЭ за 2014 год, равен 24,8% от общей выработки. Подобный результат применения солнечной и ветровой энергии является довольно обнадеживающим. Для сравнения: процент использования солнечной и ветровой энергии в Новой Зеландии составляет 23,1%, Испании – 22,8%, Германии – 22,3%, Великобритании – 18%, России – 0,07% [3].

Одним из малоиспользуемых ВИЭ является энергия волн. И это при том, что Мировой океан занимает, приблизительно, 70,8% поверхности земного шара и является колоссальным источником бесплатной энергии, которую лишь нужно научиться применять. Так примером эффективного использования энергии волн стали волновые электростанции.

Волновые электростанции – это станции, расположенные в водной среде, для получения электрической энергии из кинетической энергии движущихся водных масс. Работают они по нескольким принципам:

1. Принцип «водяного осциллирующего столба», он заключается в том, что накатывающие волны толчками заполняют собой специальные камеры с содержащимися в них воздушными массами, вследствие чего, воздух сжимается, создавая

избыточное давление, из-за которого он поступает на лопастные механизмы турбины. Вращательное движение турбины передаётся на генератор.

2. Принцип «колеблющегося тела», он базируется на работе гидравлических поршней. Поршни монтируются на подвижных платформах, соединённых с конвертором, и подключаются к гидравлическому двигателю, приводящему в движение генератор. Благодаря раскачивающему действию волн, конвертер приводит в движение поршни, которые заставляют работать гидравлический двигатель и генератор.

Плюсами использования волновых электростанций является: экологическая безопасность установок, низкая себестоимость получаемой электроэнергии, продолжительный срок эксплуатации и защита акватории от волн. Последней функции следует уделить особое внимание. Куземская Е.В. и Ясаков Н.В. запатентовали пневмогидравлический энергонезависимый волнолом [4]. Данный волнолом самоориентируется по ходу движения волн; его эффективность волногасителей настраивается автоматически, исходя из параметров морского волнения. Электроэнергию для своей работы устройство берёт напрямую из водной среды, в которой расположено, что сводит затраты на его содержания к минимуму и учитывает лишь периодическое техническое обслуживание.

Для примера, в Португалии в 2008 году, около городка Агусадора, шотландской компанией PelamisWavePower была построена волновая электростанция мощностью 2,25 МВт. В Австралии, в акватории города Порт-Кембл, работает электростанция OceanLinx мощностью 1 МВт. В России, в 2014 году была построена своя волновая электростанция на полуострове Гамова в Приморском крае.

На Крымском полуострове есть все условия для использования волновых электростанций, которые идеально подходят для береговых сооружений, небольших поселений, буровых платформ, а также могут служить одним из элементов охраны пограничной зоны страны, что, в наших реалиях, является немаловажным фактом. Также одним из возможных способов применения является установка станций на опорах мостов, что позволит получать электроэнергию и защитить конструкцию от разрушительного влияния волн.

Таким образом, развитие кризиса использования традиционных источников энергии вынуждает находить инновационные решения по безопасному энергообеспечению промышленности и населения. Одним, из которых является использование ВИЭ для удовлетворения потребностей топливно-энергетического комплекса с дальнейшим применением освободившихся ресурсов в промышленности. Волновые электростанции, как один из типов станций, использующих ВИЭ, идеально подходят для установки в акватории Крымского полуострова из-за возможности выработки не дорогой электрической энергии, а также защиты прибрежной территории и опор мостов от разрушающего волнового воздействия.

Список литературы:

1. Восканян, А. А. Тенденции, состояние, возможности, перспективы развития возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в республике Крым и г. Севастополь / А.А. Восканян, В.А. Сафонов // Сборник статей по материалам международной научно-практической конференции «Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2018» (24 – 27 сентября 2018 г.) / под ред. Л. И. Лукиной, Н. А. Бежина, Н. В. Ляминой. – Севастополь: СевГУ, 2018. – С. 255–262.
2. Министерство топлива и энергетики Республики Крым – отчет за 2014 год «Информация о развитии и текущей ситуации в топливно-энергетическом комплексе Республики Крым за 2014 год». [Электронный ресурс] URL:https://mtop.rk.gov.ru/file/Informacija_o_razvitii_i_tekushhej_situacii_v_toplivno_o_jenergeticheskom_komplekse_RK_2014.pdf
3. Доля ветровой и солнечной энергии в производстве электроэнергии [Электронный ресурс] // Статистический Ежегодник мировой энергетики 2018.-2018.-

(16.03.2019). - URL: <https://yearbook.enerdata.ru/renewables/wind-solar-share-electricity-production.html>

4. Исаков Н. В., Куземская Е. В. Пневмогидравлический энергонезависимый волнолом [Электронный ресурс] // Национальная электронная библиотека. - 2012. - (20.03.2019) URL: https://нэб.пф/catalog/000224_000128_0002461681_20120920_C1_RU/

**TOPICAL ISSUES OF APPLICATION OF RENEWABLE ENERGY SOURCES
FOR THE REPUBLIC OF CRIMEA AND THE CITY OF SEVASTOPOL**

T.I. Andreenko^{1,2}, D. Y. Kotelnikov¹

¹*Sevastopol State University, Sevastopol, 299053, Russia, e-mail: DymSworD@yandex.ru*

²*A.O. Kovalevsky Institute of Marine Biological Research RAS,
Sevastopol, 299011, Russia, e-mail: tatyana-andreenk@mail.ru*

Abstract

The analysis of the possibilities of using renewable energy sources in the Republic of Crimea and the city of Sevastopol is given. The negative aspects of the use of traditional energy sources are considered. The introduction of the wave power stations for obtaining cheap electricity and protecting coastal areas and bridges from the destructive wave action is suggested.

АНАЛИЗ РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАЗЛИВОВ НЕФТИ НА ВНУТРИПРОМЫСЛОВЫХ НЕФТЕПРОВОДАХ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОЙ ТАЙГИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

В.А. Андроханов^{1,2}; И.Д. Махатков²

¹*Институт водных и экологических проблем СО РАН, Барнаул, 656038, Россия,
e-mail: androhanov@issa-siberia.ru*

²*Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск, 630090, Россия,
e-mail: makhatkov@mail.ru.*

Центральный сектор северной тайги Западной Сибири – одно из мест интенсивной нефтедобычи, которая неизбежно сопровождается воздействием на природные комплексы, в том числе – на почвенный покров территории. Одно из наиболее губительных последствий нефтедобычи – загрязнение нефтью в результате аварий на внутрипромысловых нефтепроводах низкого давления. Характер распространения таких загрязнений зависит от конфигурации нефтесборных сетей, особенностей их аварийности и движения разливов нефти на местности. Целью нашей работы стал анализ распространения нефтяных загрязнений на месторождениях нефти в зависимости от состава почвенного покрова лицензионных участков и конфигурации нефтесборных сетей.

Месторождения, данные по которым использованы в работе, расположены на территории Сибирских Увалов и прилегающих участков Сургутского Полесья, с юга, и Пур-Надымской аккумулятивной равнины – с севера. Все месторождения находятся в центральной части северной тайги [1]. Зональные сообщества лиственничные кустарничково-зеленомошными лесами с участием тёмнохвойных и мелколиственных пород [2] занимают сравнительно хорошо дренируемые участки суглинистых отложений с глее-подзолистыми оторфованными почвами [3], которые в силу длительного промерзания отличаются повышенным гидроморфизмом. На дренируемых песчаных отложениях распространены интразональные сосновые кустарничково-зеленомошно-лишайниковые и лишайниково-зеленомошные леса. Здесь, на наиболее дренированных позициях развиты автоморфные подзолы иллювиально-железистые, в небольших понижениях и на склонах увалов – полугидроморфные подзолы глубинно-глееватые, слагающие устойчивое сочетание с автоморфными подзолами. В условиях близкого залегания грунтовых вод, вблизи болотных массивов, автоморфные и полугидроморфные сообщества сменяются сосновыми кустарничково-сфагновыми низкорослыми лесами (рядами), которые, как правило, обрамляют болотные массивы. Здесь почвенный покров представлен гидроморфными торфяно-подзолами, с выраженным торфяным горизонтом мощностью до 30 – 50 см. Верховые болота, как правило, занимающие центральные части локальных водоразделов, в основном представлены комплексными мёрзлыми плоскобугристыми [4] и тальми плоско-выпуклыми болотами и грядово-мочажинными комплексами [5] на верховых торфяных почвах. Для всех местных олиготрофных болот характерно комплексное сложение – чередование положительных (бугров) и отрицательных (мочажин) форм биогенного микрорельефа. Олиго-мезотрофные болота на мезотрофных торфяных почвах, как правило, вытянуты вдоль стока болотных вод, и примыкают к местной гидросети. Почвы долин местных рек представлены сериями аллювиальных почв, большей частью с признаками заболачивания и оглеения в минеральной части профиля.

В качестве исходного материала для анализа были использованы результаты инвентаризации нефтяных загрязнений на 6 месторождениях, включая

рекультивированные участки, почвенные карты М 1:25000 по материалам экологического мониторинга лицензионных участков, и данные по нефтесборным сетям.

В нефтесборных сетях на исследованных месторождениях в основном использованы трубы диаметром 114, 159, 219 и 273 мм. В случае подземной укладки, трубы почти всегда находятся на глубине 1.2 м, оставаясь одинаковой в разных ландшафтах. Надземные части вблизи узлов запорной арматуры составили менее 1% от общей протяжённости труб. Возраст нефтепроводов от 1983 до 2010 г.

Анализ данных по положению нефтесборных сетей и нефтяных загрязнений показал особенности их распределения на лицензионных участках (табл. 1).

Таблица 1

Относительные усреднённые характеристики почвенного покрова, распределения нефтесборных сетей и нефтяных загрязнений лицензионных участков, %

Почвы	Состав почвенного покрова	Трубопроводы	Количество аварий	Площадь загрязнений
Аллювиальные	5.3	7.4	8.2	8.1
Подзолы иллювиально-железистые и подзолы глубинно-глееватые	27.8	30.8	18.0	19.3
Глее-подзолистые оторфованные почвы	4.8	9.8	9.0	8.5
Торфяно-подзолы	8.7	9.8	11.4	13.5
Болотные торфяные почвы	53.4	42.3	53.4	50.7

Как показывает распределение нефтесборных сетей в различных типах почв, они в большинстве случаев тяготеют к наиболее дренированным условиям. Это особенно заметно в случае суглинистых отложений с автоморфными глее-подзолистыми почвами. Такое размещение трубопроводов связано с наиболее удобными ландшафтными условиями прокладки трубопроводов и их обслуживания по сравнению с условиями торфяников. Благодаря близкому залеганию минеральных отложений в профиле торфяно-подзолов, здесь нефтесборные сети размещаются примерно пропорционально распространению этих почв. Размещение трубопроводов в болотных системах с болотными торфяными почвами реже распространения болот на лицензионных участках. Это в особенности относится к мёрзлым плоско- и крупно-бугристым болотам, где затруднена прокладка трубопроводов и обустройство технологических проездов. Нефтесборные сети в некоторой степени тяготеют и к долинам местных рек. Отчасти это связано с преимущественным размещением коммуникаций вблизи долин, в наиболее дренированных участках локальных водоразделов, что приводит к частому пересечению трубопроводами речных долин.

Следует заметить, что эти общие закономерности прослеживаются, когда есть выбор размещения коммуникаций. Например, в случаях, когда болотные системы занимают около 70% площади лицензионного участка, или больше, то все коммуникации, включая нефтесборные сети, размещаются в разных ландшафтах примерно пропорционально их распространению на участке, кроме речных долин, нагрузка на которые значительно увеличивается. Сравнительно равномерное размещение нефтесборных сетей наблюдается и в обратной ситуации, когда заболоченность территории меньше 15 – 20%. В этом большая часть трубопроводов размещена в автоморфных и полугидроморфных почвах, речные долины при этом

остаются преимущественно в стороне от коммуникаций и нагрузка на аллювиальные почвы значительно снижается.

Аварийность нефтесборных сетей, судя по полученным данным, зависит прежде всего от обводнённости, которая в свою очередь связана с криогенными явлениями – мерзлотным пучением и термокарстом. Наименьшая аварийность относительно длины трубопроводов наблюдается в автоморфных и полугидроморфных условиях иллювиально-железистых и глубинно-глееватых подзолов благодаря наилучшим условиям дренажа и слабой выраженности криогенных смещений грунта в песчаных отложениях. Заметное увеличение аварийности характерно для трубопроводов в торфяных отложениях верховых болот и в пограничных условиях торфяно-подзолов, что отмечалось нами и ранее на отдельных лицензионных участках [6]. В обоих случаях повышенная аварийность связана с большей общей обводнённостью этих почв и её значительным колебанием в течение года. Некоторая повышенная аварийность трубопроводов в долинах рек, так же может быть связана с сильным колебанием обводнённости почв в течение года.

Площадь нефтяных загрязнений в большинстве случаев пропорциональна количеству у аварий на трубопроводах. Это, прежде всего, относится к автоморфным и полугидроморфным условиям, когда нефть преимущественно загрязняет верхние горизонты минеральной части почвенного покрова и распространяется горизонтально по слабым уклонам поверхности почвы. Наибольшие площади загрязнения относительно количества аварий наблюдаются в гидроморфных условиях торфяно-подзолов, представляющих границу между постоянно обводнёнными болотными почвами, и атоморфными и полугидроморфными почвами, с относительно стабильным уровнем грунтовых вод. Большие сезонные колебания грунтовых вод, свойственные торфяно-подзолам, способствуют не только повышенной аварийности трубопроводов, но и сравнительно быстрому распространению нефтяного пятна по поверхности воды в периоды повышения уровня грунтовых вод и их выхода на дневную поверхность. В большинстве болотных систем, благодаря их большой обводнённости и комплексному сложению, горизонтальное распространение нефтяных пятен происходит почти исключительно по водной поверхности. Обычно гряды и бугры выступают в качестве естественных барьеров распространения загрязнения, и пятна нефти ограничены размерами мочажин. Исключение составляют болотно-озёрные комплексы, в которых преобладают отрицательные формы микрорельефа – мочажины и торфяные озёра, способствующие быстрому распространению загрязнения. Здесь доля площади загрязнений значительно превышает долю аварий. В целом, благодаря выраженному биогенному микрорельефу большинства болот, относительная площадь нефтяных загрязнений торфяных почв меньше количества аварий на трубопроводах, расположенных в болотах.

Особенности размещения внутрипромысловых трубопроводов и влияние ландшафтных условий на их аварийность и горизонтальное распространение загрязнений приводят к избирательному влиянию нефтяного загрязнения на местный почвенный покров (табл. 2). Наименее подвержены загрязнению автоморфные подзолы иллювиально-железистые и полугидроморфные подзолы глубинно-глееватые, вместе слагающие наиболее дренированные участки песчаный и супесчаных отложений. Здесь, несмотря на наибольшую плотность нефтесборных сетей, они в наименьшей степени подвержены авариям, и нефтяные загрязнения сравнительно медленно распространяются на поверхности. В автоморфных условиях суглинистых отложениях, на глее-подзолистых почвах, аварийность увеличена из-за их длительного промерзания и ставнительно активными криогенными процессами, однако и здесь горизонтальное распространение нефти затруднено.

Распространение нефтяных загрязнений

Почвы	Площадь загрязнений, га/км ²
Аллювиальные	0.094
Подзолы иллювиально-железистые и подзолы глубинно-глееватые	0.027
Глее-подзолистые оторфованные почвы	0.050
Торфяно-подзолы	0.084
Болотные торфяные почвы	0.069

Гидроморфные почвы в значительной степени подвержены загрязнению благодаря повышенной аварийности нефтесборных сетей, что отмечалось и ранее для отдельных лицензионных участков [7]. В особенности это относится к торфяно-подзолам, где наблюдается и повышенная аварийность и быстрое распространение загрязнений.

В наибольшей степени нефтяным загрязнениям на исследованных лицензионных участках подвержены аллювиальные почвы, что большей частью связано с особенностями строительства нефтепромыслов, когда предпочтение отдаётся наиболее дренированным участкам, примыкающим к долинам местных рек, что неизбежно приводит к сравнительно частым пересечениям речных долин коммуникациями, в том числе – нефтесборными сетями.

Список литературы:

1. Ильина И.С., Лапшина Е.Н., Лавренко Н.Н. и др. Растительный покров Западно-Сибирской равнины. – Новосибирск: Наука, 1985. 252 с.
2. Хозяинова Н.В. Флора и растительность северной тайги Пуровского района Тюменской области (север Западной Сибири) // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. 2008. Вып. 8. С. 27 – 42.
3. Смоленцев Б.А. Структура почвенного покрова Сибирских Увалов (северотаежная подзона Западной Сибири). – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. – 118 с.
4. Кац Н.Я. Типы болот СССР и Западной Европы и их географическое распространение. М. Географгиз. 1948 г. 320 с.
5. Лисс О.Л., Березина Н.А. Болота Западно-Сибирской равнины. М., Изд-во Моск. ун-та, 1981. 208 с.
6. Махатков И.Д., Ермолов Ю.В. Ландшафтные условия загрязнения вдоль внутрипромысловых нефтепроводов в северной тайге Западной Сибири. Отражение био-, гео- антропоферных взаимодействий в почвах и почвенном покрове: сборник материалов IV всероссийской конференции с международным участием, посвящённой 125-летию со дня рождения Р.С. Ильина. 2016, Томск. Стр. 273 — 276.
7. Смоленцев Б.А. Техногенные нарушения почвенного покрова на Западно-Ноябрьском месторождении нефти. Вестник Томского государственного университета. Приложение № 7, сентябрь 2003. Сер. "Биологические науки (биология, почвоведение, лесоведение). Томск, 2003. С. 196-205.

**ANALYSIS OF OIL SPILLS SPREAD ON THE INFIELD PIPELINES IN THE
CONDITIONS OF NORTHERN TAIGA OF WESTERN SIBERIA**

V.A. Androkhanov^{1,2}; I.D. Makhatkov²

*Institute for Water and Environmental Problems of Siberian Branch of the Russian
Academy of Sciences, Barnaul, 656038, Russia, e-mail: androhan@yandex.ru*

*Institute of Soil Science and Agrochemistry, Siberian Branch of Russian Academy
of Sciences, Novosibirsk, 630090, Russia, e-mail: makhatkov@issa-siberia.ru*

Abstract

The purpose of the work is to analyze the spread of oil pollution on the oil fields depending of the composition of the license sites soil cover and the configuration of the oil-gathering system. During the processing of information about oil pollution it is established that the nature of the spread of such pollution depends on configurations of oil-gathering networks, soil-ecological conditions of laying pipelines and the possibility of movement of oil spills on the ground. Automorphic illuvial-ferrous podzols (Spodic Podzols) and semi-hydromorphous deep-gley podzols (Endogleyic Podzols) predominant at the most drained areas with sandy and sandy loam deposits are least vulnerable to oil pollution soils. Here, despite the highest density of oil-gathering networks, the accident rate is minimal, due to relatively favorable soil and environmental conditions, which are not contribute to the spread of oil pollution on the soils surface. Alluvial soils (Fluvisols) are exposed to oil pollution in the greatest degree in the studied license areas. This is mainly due to the characteristics of construction of oil fields, when preference is given to the most drained areas adjacent to the valleys of local rivers, which inevitably leads to a relatively frequent crossings of river valleys by communications, including oil networks. At the same time, frequent changes in the moisture regime and difficult relief conditions the river banks lead to instability of the pipelines operation and, as a result, the increase in accidents in these areas.

ПРИМЕНЕНИЕ ВИДЕОРЕГИСТРАЦИИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТИ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ВЗВЕШЕННЫХ В ВОДЕ ЧАСТИЦ

Д.А. Антоненков

*ФГБУН ФИЦ «Морской гидрофизический институт РАН»,
г. Севастополь, 299011, Россия, e-mail: dmitry_science@mail.ru*

В современных условиях экспериментальное определение скорости и направления движения донных наносов является важной и актуальной задачей, решение которой позволит получать систематизированные данные о характеристиках переноса донного материала и связанных с ним изменениях береговой линии и рельефа дна в прибрежной области. Кроме того, такие измерения необходимы для проверки и подтверждения теории движения наносов. Прогресс в этом направлении ограничен из-за отсутствия соответствующих экспериментальных данных и зависит от создания и использования новых методов.

В настоящее время широкое распространение в различных областях науки получили методы, основанные на применении фото и видеорегистрации. Применение данных методов для решения задач определения скорости и направления перемещения наносов видится перспективным. В соответствии с этим был выполнен анализ, который показал, что для решения схожих задач наиболее часто применяются методы, основанные на определении оптического потока и метод трассерной визуализации (PIV)[1], основанный на пространственной кросс-корреляции двух последовательных изображений, который, на наш взгляд, является более эффективным.

Данный метод дает возможность регистрировать мгновенные пространственные распределения скорости.

Измерение мгновенного поля скорости потока в заданном сечении основано на измерении перемещения частиц, находящихся в плоскости сечения, за фиксированный интервал времени.

Образы частиц регистрируются на цифровую камеру. Последующая обработка изображений позволяет рассчитать смещения частиц за время между вспышками источника света и построить двухкомпонентное поле скорости. Измеренные двухкомпонентные значения векторов являются проекциями реальных (трехмерных) векторов на плоскость, перпендикулярную оптической оси аппаратуры [2].

Математически определение скоростей частиц основано на пространственной кросс-корреляции двух последовательных изображений. Изображения разделяются на несколько так называемых областей интереса. В каждой области интереса выполняется кросс-корреляция.

По величине кросс-корреляции определяется её максимум для данного региона. По координатам максимума относительно центра региона определяется направление и величина смещения пикселей региона. Зная временную задержку между кадрами можно рассчитать скорость. Структурная схема метода показана на рисунке 1.

Нахождение максимума корреляционной функции является основной задачей. Для более точного определения координат максимума используется подпиксельная интерполяция корреляционной функции в окрестности ее максимума. Интерполяция может проводиться независимо по обеим координатам, а интерполирующая функция может быть самой различной (например, полином второй степени или Гауссиан)[3]. Для повышения точности расчета векторов перемещений и увеличения динамического диапазона используют адаптивные подходы расчета поля перемещений, которые по своей сути являются итерационными методами с компенсацией смещения частиц.

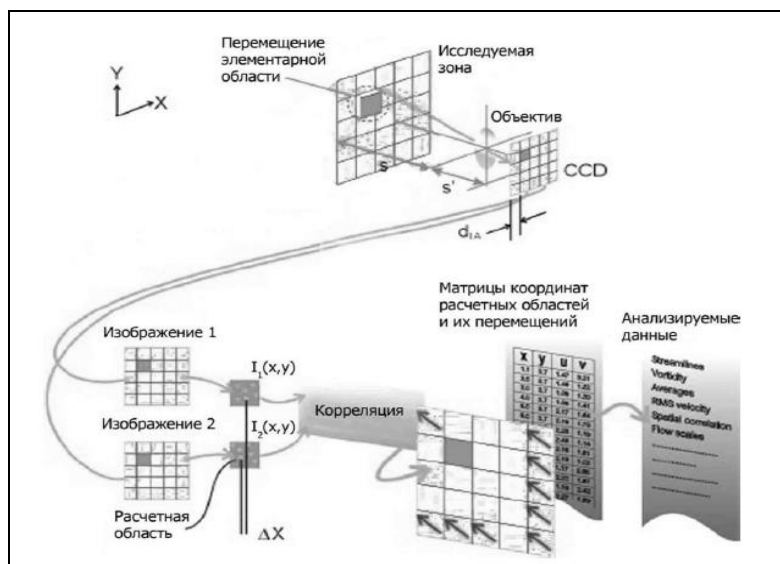


Рис. 1. Структурная схема метода трассерной визуализации [2].

Для выявления и исправления ошибочных векторов используют процедуры коррекции ошибок [3]. Для улучшения качества обработки изображений могут применяться также различные фильтры: по соотношению сигнал/шум, по локальному среднему, статистическая фильтрация и др.

Основным достоинством метода трассерной визуализации является его высокая надежность и повторяемость, особенно при низких отношениях сигнал/шум. Это достигается благодаря статистической обработке изображений посредством корреляционного анализа. К тому же в результате получается регулярная сетка векторов, что облегчает последующую обработку векторного поля.

С целью оценки применимости метода для выполнения измерений скорости донных наносов в натуральных условиях были выполнены тестовые эксперименты с использованием стандартной техники для подводной фотосъемки, а именно фотоаппарата Canon Powershot D30. С помощью данного фотоаппарата, размещенного под водой, проводилась видеосъемка участка дна, на котором визуально наблюдались возвратно поступательные движения донных наносов [4].

Результаты обработки с построенными векторами скорости и определенными значениями средней скорости частиц представлены на рисунке 2.

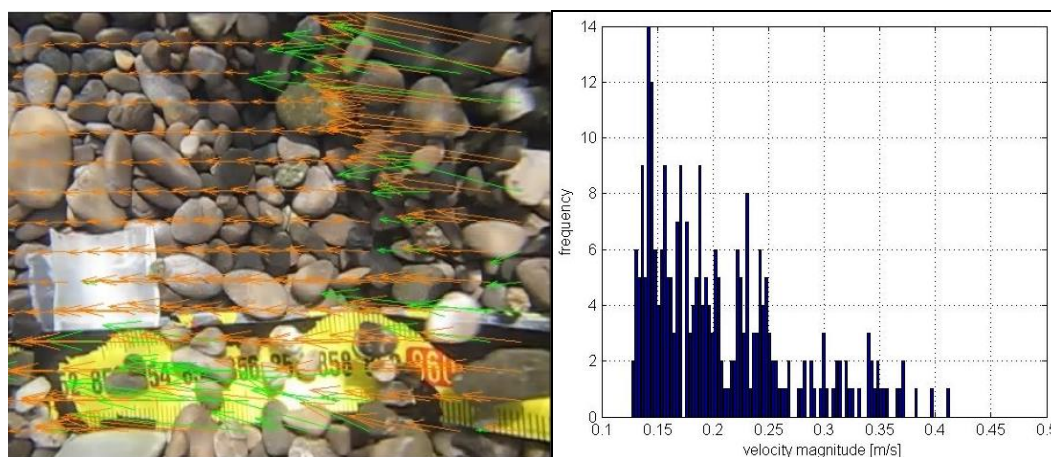


Рис.2. Результат обработки двух кадров видеоряда с построенными векторами скорости. Гистограмма средней скорости движения частиц [4].

В результате выполненных экспериментов и проведенного анализа существующих методов обработки изображений можно сделать вывод, что для решения задачи

определения скорости влекомых наносов с помощью обработки изображений, наиболее эффективным является применение методов, основанных на пространственной кросс-корреляции, дающих возможность, при использовании адаптированного программного обеспечения, определять среднюю скорость и направление движения частиц.

Список литературы:

1. Raffel M. Particle image velocimetry: a practical guide. – Berlin: Springer, 2007. – 468 p.
2. Ахметбеков Е.К., Бильский А.В., Ложкин Ю.А., Маркович Д.М., Токарев М.П., Тюрюшкин А.Н. Система управления экспериментом и обработки данных, полученных методами цифровой трассерной визуализации (ActualFlow)// Вычислительные методы и программирование. – 2006. – №7. – С. 79-85
3. Particle Image Velocimetry: Fundamentals and Its Applications [Электронный ресурс]. URL: <http://publications.lib.chalmers.se/publication/138219-particle-image-velocimetry-fundamentals-and-its-applications> (дата обращения 20.03.2019).
4. Антоненков Д.А. Определение скорости движения донных наносов с помощью видеорегистрации. Датчики и Системы. – г. Москва. – вып. 4. – 2017. – С. 41-46.

THE USE OF VIDEO REGISTRATION TO DETERMINE THE VELOCITY OF THE SUSPENDED PARTICLES IN THE WATER

D.A. Antonenkov

*Marine hydrophysical Institute of RAS, Sevastopol, 299011, Russia,
e-mail: dmitry_science@mail.ru*

Abstract

The article describes the method for determining bedload motion direction and speed based on aquatic environment video processing. The experiments results are presented. The applicability of the existing image processing methods and photo and video recording technical means for bedload sediment velocimetry is estimated.

УДК 595.33(285.32)(477.75)

**КОНЦЕНТРАЦИЯ ЭЛЕМЕНТОВ Mn, Fe, Sr, Ca, Mg
В РАКОВИНАХ *EUCYPRIS MAREOTICA* (CRUSTACEA, OSTRACODA)
В ГИПЕРСОЛЕНОМ ОЗЕРЕ ХЕРСОНЕССКОЕ (КРЫМ)**

Е.В. Ануфриева, Н.В. Кравченко, Н.Ю. Мирзоева, Н.В. Шадрин

*Институт морских биологических исследований имени А.О. Ковалевского РАН,
г. Севастополь, 299011, Россия, e-mail: lena_anufrieva@mail.ru*

Введение. Функционирование биосферы осуществляется через иерархию круговоротов элементов [1], уже Ж.Б. Ламарк указывал на огромную роль организмов в них [2, 3]. Несмотря на то, что это положение после работ В.И. Вернадского [2, 3] стало основой современной геохимии и экологии, роль многих видов в этих круговоротах все еще недостаточно известна. Особенно слабо это изучено в экстремальных местообитаниях, например, в гиперсоленых водоемах, соленость в которых выше океанической (>35–40 г/л).

В Крыму существует множество гиперсоленых водоемов морского и континентального происхождения (рис. 1) [4].



Рис. 1. Распределение гиперсоленых водоемов в Крыму

Остракода *Eucypris mareotica* (Fischer, 1855) (младший синоним *Eucypris inflata* (Sars, 1903)) является массовым видом животных во многих из них. Вид является наиболее галотолерантным среди остракод и встречается в природе при солености от 3 до 325 г/л [5–10], он широко распространен в Евразии и Северной Африке [6–8, 11]. *E. mareotica* – теплолюбивый вид, но, несмотря на это, он заходит далеко на север, например, на острова Белого моря (67°09' с.ш.) [12]. Численность вида в гиперсоленых водоемах может достигать больших величин [13]. *E. mareotica*, как и другие остракоды, имеет минеральные створки, где концентрируются, в основном, кальций и магний. Ранее было высказано предположение, что в гиперсоленых водоемах вид может играть ключевую роль в круговоротах кальция, магния и других элементов [13]. Цель работы – проверить гипотезу и изучить содержание Mn, Fe, Sr, Ca и Mg в раковинах остракод *E. mareotica* из озера Херсонесского.

Материал и методы

Сбор проб. Озеро Херсонесское расположено на юго-западной оконечности Крыма – мысе Херсонес (г. Севастополь) (44°35'10"с.ш., 33°23'32" в.д.), его площадь

– 0.014 км², средняя глубина – около 0,4 м, пространственно-временные колебания солености – от 30 до 300 г/л [14, 15]. В озере наблюдается интенсивное развитие плавучих матов зеленых нитчатых водорослей. В течение 2018 г. регулярно отбирали пробы на трех постоянных станциях в озере Херсонесском и на 12 станциях в озере Сакском (Западный Крым, 45°07'25" с.ш. 33°34'03" в.д.). Всего собрано и проанализировано 88 проб. Количественные пробы зоопланктона отбирали, фильтруя 50–100 л воды через планктонную сеть (размером ячеи 110 мкм). Пробы бентоса отбирали бентосными трубками (площадью 0,018 м², высотой 10 см) на глубине 0,2–0,6 м. Пробы плавучих матов нитчатых водорослей брали с площади 0,25 м². Пробы фиксировали 4% формалином. Также отбирали живую биомассу остракод и пробы воды. Пробы обрабатывали с использованием бинокюляров Olympus SZ-ST и ЛОМО МБС-9. Соленость, температуру и рН воды определяли с помощью рефрактометра (Kelilong WZ212) и рН-метра (РНН-830).

Определение концентрации изотопов. Для определения концентрации Mn, Fe, Sr, Ca, Mg в теле *E. mareotica* навеску животных предварительно взвешивали, сушили и сжигали в муфельной печи при температуре 550 °С. Затем к 1 г золы добавляли 5 мл соляной кислоты особой чистоты, 1 мл перекиси водорода и 5 мл бидистиллированной воды. После этого пробы ставили на электрическую плиту на 5–10 минут. Добавляли 10 мл азотной кислоты особой чистоты, 1 мл перекиси водорода. Далее пробы ставили на электрическую плиту на 5–10 минут, добавляли 10 мл азотной кислоты особой чистоты и 90 мл бидистиллированной воды. Полученную смесь фильтровали на бумажном фильтре («синяя лента») в колбу объемом 50 мл и доводили объем жидкости до метки, добавляя бидистиллированную воду. Стандартные измерения изотопов проводили на атомно-абсорбционном спектрометре «Spectra AA-5». Подготовку проб воды для анализа проводили по стандартной процедуре.

Результаты и обсуждение

Изучение динамики популяций *E. mareotica*. Вид *E. mareotica* присутствовал в планктоне и бентосе обоих изученных озер (Сакском и Херсонесском) в больших количествах в диапазоне солености 16–350 г/л. В обоих озерах нет корреляции между численностью популяции и соленостью. В планктоне численность *E. mareotica* достигала 407040 экз./м³, а в бентосе – 41257 экз./м². По совокупности новых и многолетних данных в озере Херсонесском [13, 16], отмечено, что вид *E. mareotica* обычно массово присутствовал в бентосе, планктоне и плавучих матах нитчатой зеленой водоросли *Cladophora*. Других видов остракод в нем никогда не находили. Встречаемость вида не коррелировала с соленостью. Численность особей колебалась в широких пределах (0–>150 млн. экз./м²). Наиболее высокой (>10 млн. экз./на 1 кг сырой массы мата) она была в кладофоровых матах, что эквивалентно 90–150 млн. экз./м² [13, 16].

Имеющиеся данные позволяют сделать вывод, что разные факторы определяют распространение и динамику численности *E. mareotica*, при этом абиотические факторы (температура, соленость и рН) не являются основными. В большей степени это обусловлено биотическими факторами, в частности, степенью развития плавучих кладофоровых матов, т.к. в них наблюдается максимальная численность остракод, а также наличием микроводорослей, которые продуцируют осмолиты [13]. Донные и плавучие маты *Cladophora* могут интенсивно развиваться в экосистемах гиперсоленых озер Крыма [14, 17]. В этом случае, на дне под матами часто формируются аноксидные зоны с присутствием сероводорода [14]. В подобной ситуации остракоды покидают дно и переходят к жизни в планктоне и плавучих матах, что отмечали и ранее [13, 16]. Часто находки этого вида в Азово-Черноморском регионе в миоцене при палеореконструкциях интерпретируют как показатель наличия пресных вод [18], что совершенно неверно, так как, согласно нашим исследованиям в современных водоемах региона, вид не встречается при солености ниже 10 г/л.

Роль Ostracoda в циклах элементов Mn, Fe, Sr, Ca, Mg. В раковинах остракод впервые для гиперсоленых водоемов была определена концентрация Mn, Fe, Sr, Ca, Mg, полученные данные представлены в таблице 1.

Таблица 1

Концентрация элементов (Mn, Fe, Sr, Ca, Mg) в золе раковин остракоды *Eucypris mareotica* из озера Херсонесского (весна, 2018 г.)

Элемент	Дата отбора проб					
	30.03.2018		24.04.2018		29.05.2018	
	Концентрация в золе, г/кг					
	Среднее значение	Стандартное отклонение	Среднее значение	Стандартное отклонение	Среднее значение	Стандартное отклонение
Mn	0,001	0,0001	0,0033	0,0002	0,0011	0,00012
Fe	0,0073	0,00015	0,0200	0,00006	0,0105	0,0001
Sr	0,0022	0,0001	0,0102	0,00012	0,0052	0,00015
Ca	2,0001	0,00015	4,6001	0,00015	3,2007	0,00061
Mg	0,0261	0,00012	0,0861	0,00015	0,0581	0,00015

Согласно Таблице 1, средние концентрации составили: для Mn – 0,0018 г/кг, Fe – 0,0126 г/кг, Sr – 0,0059 г/кг, Ca – 3,2670 г/кг, Mg – 0,0568 г/кг. Отмечена высокая временная вариабельность содержания всех элементов: для Mn и Mg максимальная концентрация превышала минимальную в 3,3 раза, для Fe и Sr – в 2,7 раз и для Ca – в 2,3 раза. Эти различия для всех изученных элементов достоверны ($p < 0,05$). Найденные временные изменения пока сложно объяснить, ясно одно – с колебаниями концентраций элементов в воде эти изменения не коррелируют. Максимальные численности Ostracoda в планктоне и плавучих матах нитчатых водорослей приходились на минимальное содержание кальция и магния в воде озера. Как показал расчет по полученным в 2018 г. данным, в периоды максимальной численности остракод количество Ca в 1 л воды могло быть в 2–3 раза меньше, чем в рачках. После пика развития *E. mareotica* в озере нередко наблюдалась массовая гибель рачков, и выше уреза воды на берегу из выброшенных из воды раковин остракод образовывались наносы в виде небольших валов до 10–20 м длиной, 7–10 см шириной и 5–7 см высотой.

Хорошо известно, что процессы биологической кальцификации с ростом температуры ускоряются, т.к. при низких температурах растворение раковин мертвых остракод происходит быстрее, за счет увеличения растворимости карбоната кальция [13]. Зимой перед началом интенсивного роста численности популяции остракод в воде обычно наблюдаются максимальные концентрации кальция и магния. Вероятно, существенная часть карбоната кальция из створок отмерших остракод, растворяясь, переходила в воду. Циклы элементов могут выглядеть следующим образом. В основном, два процесса и определяют флуктуации содержания ионов кальция и магния в воде озер: поглощение ионов из воды для формирования раковин растущих рачков и растворение мертвых раковин. В частности, относительно большие концентрации Ca и Mg в раковинах наряду с высокой численностью популяций *E. mareotica* в озерах позволяют предположить, что ранее выдвинутая гипотеза о существенном влиянии остракод на цикл этих элементов в озерах [13] является правдоподобной.

Определение концентрации изотопов в створках остракод, анализ данных выполнен при финансовой поддержке проекта РФФИ № 18-35-00007 (Е.В. Ануфриева, Н.В. Кравченко), исследование долговременных изменений таксоцена остракод проведено в рамках гос. задания ФГБУН ИМБИ АААА-А18-118021490093-4, АААА-А18-118020890090-2 (Н.В. Шадрин, Н.Ю. Мирзоева).

Список литературы:

1. Заварзин Г.А. Становление системы биогеохимических циклов / Г.А. Заварзин // Палеонтологический журнал. – 2003. – № 6. – С.16–24.
2. Вернадский В.И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения / В.И. Вернадский. – Москва: Наука, 1965. – 377 с.
3. Вернадский В.И. Биосфера / В.И. Вернадский. – Москва: Мысль, 1967. – 375 с.
4. Anufrieva E. Current invasions of Asian Cyclopid species (Copepoda: Cyclopidae) in Crimea, with taxonomical and zoogeographical remarks on the hypersaline and freshwater fauna / E. Anufrieva, M. Holynska, N. Shadrin // Annales Zoologici. – 2014. – Vol. 64. – P. 109–130.
5. Шадрин Н.В. Ракообразные в гиперсоленых водоемах: специфика существования и адаптации / Н.В. Шадрин // Актуальные проблемы изучения ракообразных континентальных вод: материалы лекций и докл. Междунар. шк.-конф. – Кострома, 2012. – С. 316–318.
6. De Deckker P. Ostracods of athalassic saline lakes / P. De Deckker // Hydrobiologia. – 1981. – Vol. 81, № 1. – P.131–144.
7. Baltanás A. Distribution patterns of ostracods in Iberian saline lakes. Influence of ecological factors / A. Baltanás, C. Montes, P. Martino // Hydrobiologia. – 1990. – Vol. 197. – P. 207–220.
8. Williams W.D. Chinese and Mongolian saline lakes: a limnological overview / W.D. Williams // Hydrobiologia. – 1991. – Vol. 210. – P. 39–66.
9. Aladin N.V. Salinity tolerance, morphology and physiology of the osmoregulation organs in Ostracoda with special reference to Ostracoda from the Aral Sea / N.V. Aladin // Ostracoda in the earth and life sciences. Rotterdam: A.A. Balkema, 1993. – P. 387–403.
10. Li Y.F. Ostracoda and its environmental significance at the ancient Tianshui hai lake of the west Kunlun / Y.F. Li, B.Y. Li, G. Wang, S.J. Li, Z.Y. Zhu // Journal of Lake Sciences. – 1997. – Vol. 9, № 3. – P. 223–230 (in Chinese with English abstract).
11. Zhang L. A preliminary distribution characteristic analysis on different water bodies ostracoda from lake Qinghai area, NW China / L. Zhang, Z.C. Sun, Z.S. An, W.G. Liu, X.Z. Li // Acta Micropalaeontologica Sinica. – 2006. – Vol. 23. – P. 425–436.
12. Semenova L.M. The species composition and distribution of ostracods (Crustacea, Ostracoda) in rockpools of the Kandalaksha Bay in the White Sea / L.M. Semenova // Inland Water Biology. – 2014. – Vol. 7. № 1. – P. 10–14.
13. Ануфриева Е.В. Распространение и динамика численности экстремально галотолерантного вида *Eucypris mareotica* (Fischer, 1855) (Crustacea, Ostracoda) в гиперсоленых озерах Крыма / Е.В. Ануфриева, Е.А. Колесникова, Н.В. Шадрин // Биология внутренних вод. – 2019. – № 2. – С. 42–49.
14. Празукин А.В. Структура и сезонная динамика фитоконфиты биокосной системы морского гиперсоленого озера на мысе Херсонес (Крым) / А.В. Празукин, А.Н. Бобкова, И.В. Евстигнеева, И.Н. Танковская, Н.В. Шадрин // Морской экологический журнал. – 2008. – Т. 7, № 1. – С. 61–79.
15. Павловская Т.М. Сезонные явления в сообществе инфузорий гиперсоленого озера Херсонесское (Крым) / Т.М. Павловская, А.В. Празукин, Н.В. Шадрин // Морской экологический журнал. – 2009. – Т. 8, № 2. – С. 53–63.
16. Kolesnikova E.A. Seasonal dynamics of meiobenthos fauna from a salt lake of the Crimea (Ukraine) / E.A. Kolesnikova, S.A. Mazlumyan, N.V. Shadrin // Environmental Micropaleontology, Microbiology and Meiobenthology EMMM'2008: First Intern. Conf. (Feb. 17, 2008, University of Madras, India). – Chennai, 2008. – P. 155–158.
17. Балущкина Е.В. Влияние абиотических и биотических факторов на структурно-функциональную организацию экосистем соленых озер Крыма / Е.В. Балущкина,

- С.М. Голубков, М.С. Голубков, Л.Ф. Литвинчук, Н.В. Шадрин // Журнал общей биологии. – 2009. – Т. 70, № 6. – С. 504–514.
18. Коваленко В. Характерні комплекси остракодів пізнього міоцену південної України / В. Коваленко // Палеонтологічний збірник. – 2013. – № 45. – С. 54–65.

**CONCENTRATIONS OF Mn, Fe, Sr, Ca, Mg IN THE SHELLS
OF *EUCYPRIS MAREOTICA* (CRUSTACEA, OSTRACODA)
IN THE HYPERSALINE LAKE CHERSONESSKOYE (CRIMEA)
E.V. Anufriieva, N.V. Kravchenko, N.Y. Mirzoeva, N.V. Shadrin**

*The A.O. Kovalevsky Institute of Marine Biological Research, Russian Academy
of Sciences, Sevastopol, 299011, Russia, e-mail: lena_anufriieva@mail.ru*

Abstract

A role of different animals in the element cycles is still not known in extreme habitats, as hypersaline waters. *Eucypris mareotica* is very abundant in such waters in Crimea. In ostracods from the lake, average concentrations were: for Mn 0.0018 g/kg, Fe – 0.0126 g/kg, Sr – 0.0059 g/kg, Ca – 3.2670 g/kg, Mg – 0.0568 g/kg. Relatively large concentrations of Ca and Mg in the shells, along with a high population abundance of *E. mareotica* in lakes, lead to the suggestion that the earlier hypothesis about the significant effect of ostracod on the cycle of these elements in lakes is plausible.

УДАЛЕНИЕ ФЕНОЛА ИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ УГЛЕРОД- И КРЕМНИЙСОДЕРЖАЩИМИ СОРБЕНТАМИ ИЗ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА РИСА

О.Д. Арефьева^{1,2}; Н.П. Моргун²; А.В. Ковехова^{1,2}; Л.А. Земнухова¹;
А.М. Попова²

¹Институт химии ДВО РАН, г. Владивосток, 690022, Россия

²Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток, 690091, Россия,
e-mail: arefeva.od@dvfu.ru

Одними из наиболее приоритетных загрязнителей объектов окружающей среды, попадающих в водоемы со сточными водами химического, нефтехимического, фармацевтического, сталелитейного и других производств являются фенол и его производные. Сброс таких фенольных вод в водоемы и водотоки резко ухудшает их общее санитарное состояние, оказывая влияние на живые организмы не только своей токсичностью, но и значительным изменением режима биогенных соединений и растворенных газов [1, 2]. В настоящее время предложены различные методы очистки воды от фенолов, но наибольший интерес представляют сорбционные методы. В качестве сорбентов перспективны дешевые материалы как природного происхождения, так и отходы различных производств, в частности, продукты переработки растительного сырья [3, 4].

Цель работы – исследовать сорбцию фенола из водных растворов углерод- и кремнийсодержащими сорбентами из рисовой шелухи и соломы.

Для извлечения фенола из водных растворов были использованы углерод- и кремнийсодержащие сорбенты из рисовой шелухи и соломы, полученные термическим способом при $t=650$ °С без и с предварительной обработкой сырья 0,1 М раствором соляной кислоты; карбонизированные ($t=400$ °С) волокнистые остатки рисовой шелухи и соломы после щелочного гидролиза 1 М раствором гидроксида натрия; сорбент кремнеуглеродный ТШР (ТУ 2164-011-02698192-2006), получаемый из шелухи риса по технологии Института химии ДВО РАН; коммерческий древесный активированный уголь БАУ (образец сравнения).

Эксперименты по сорбции проводили в статических условиях с дистиллированной водой, искусственно загрязненной фенолом. Содержание фенола определяли фотометрически, используя реакцию Фолина [5]. Оптическую плотность измеряли на спектрофотометре UNICO-1201 (United Products & Instruments Inc., США).

Исследование строения использованных в работе сорбентов проводили методами ИК-спектроскопии (Vertex 70 (Bruker, Германия), область $400-4000$ см⁻¹, в бромиде калия) и рентгенофазового анализа (D8 Advance (Bruker, Германия), Cu K α излучение, идентификация фаз проведена с использованием программы EVA банка порошковых данных PDF). Элементный состав установлен методом энергодисперсионного рентгенофлуоресцентного анализа на портативном спектрометре S2 PUMA (Bruker, Германия). Морфологию образцов и анализ поверхности изучали с помощью сканирующего электронного микроскопа (СЭМ) высокого разрешения Phenom XL (Нидерланды). Удельную поверхность образцов ($S_{уд}$) и распределение пор по размерам определяли по низкотемпературной адсорбции азота на анализаторе ASAP 2020 (Micromeritics Instrument Corporation, США).

Результаты исследований показали, что наиболее эффективными сорбентами по отношению к фенолу в водных растворах являются коммерческий древесный активированный уголь БАУ, а из отходов производства риса – карбонизированный волокнистый остаток после щелочного гидролиза рисовой шелухи (РШ), характери-

стику которого рассмотрена подробнее ниже. Следует отметить, что кремнеуглеродный сорбент ТШР также может быть использован для извлечения фенола из сточных вод.

Содержание углерода в карбонизированном волокнистом остатке после щелочного гидролиза РШ составляет ~ 70 %, основными примесными элементами являются кальций и кремний. Образец находится в аморфном состоянии и имеет слоисто-волоконистую структуру с порами разной формы – щелевидными и круглыми (рис. 1). ИК-спектр поглощения образца содержит полосы поглощения валентных (3443 см^{-1}) и деформационных (1615 см^{-1}) колебаний ОН-групп, валентных колебаний карбоксильных групп (1699 см^{-1}), конденсированных ароматических структур (1615 см^{-1} , где также проявляются деформационные колебания ОН-групп), валентных и деформационных колебаний алифатических групп (2922 см^{-1} и 1438 см^{-1}), валентных колебаний групп С–О (1206 см^{-1}), плоскостных деформационных колебаний С–Н ароматических углеводов (588 см^{-1}).

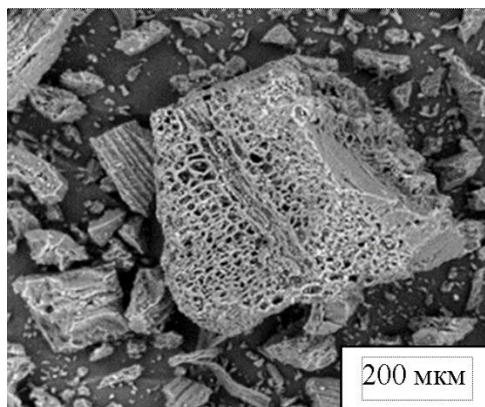


Рис. 1. СЭМ-изображение углеродсодержащего образца из волокнистого остатка рисовой шелухи

По низкотемпературной адсорбции азота было установлено, что исследуемый материал имеет смешанную пористую структуру со средним радиусом пор 5,6 нм. В образце также присутствует небольшой объем микропор ($0,009\text{ см}^3/\text{г}$) со средним диаметром 1,74 нм. Удельная поверхность, рассчитанная методом БЭТ, составляет $4,94\text{ м}^2/\text{г}$.

Важнейшей характеристикой процесса сорбции является время достижения сорбционного равновесия, которое устанавливается по кинетическим кривым. Кинетическая кривая сорбции фенола углеродсодержащим сорбентом из РШ показывает, что сорбционное равновесие на ~ 85 % достигается через 60 мин после начала сорбции. Анализ полученной временной зависимости показал, что сорбция фенола подчиняется моделям как псевдопервого, так и псевдвторого порядка ($R^2 > 0,9$) [6]. Это указывает на то, что в процесс сорбции вносит вклад как диффузионный процесс, так и химическое взаимодействие между сорбатом (фенолом) и функциональными группами сорбента.

Результаты обработки кинетических кривых адсорбции фенола на углеродсодержащем сорбенте из РШ при температурах 25, 35 и 65 °С показали, что изменение свободной энергии Гиббса ΔG_{298} имеет отрицательное значение (- 7,62 кДж/моль), характерное для самопроизвольного процесса. Отрицательная величина ΔH (-15,11 кДж/моль) показывает, что процесс является экзотермическим, а отрицательное изменение энтропии ΔS (-25,12 Дж/(моль·К)) свидетельствует о достаточно низкой подвижности молекул в слое при адсорбции из раствора.

Для практического использования сорбционного метода очистки изотерма сорбции является основной характеристикой сорбента и определяет выбор оптимальных условий процесса. В работе изотерма сорбции фенола на углеродсодержащем сор-

бенте из РШ была построена в диапазоне концентраций от 0,003 до 0,17 ммоль/л, которые встречаются в природных и сточных водах (рис. 2). Полученная экспериментальная изотерма адсорбции относится к IV типу изотерм адсорбции по классификации БДДТ (Брунауэра, Деминга Л., Деминга У., Теллера) [7]. Данный тип изотермы характерен для адсорбции в мезопорах. Но, как видно из рис. 2, экспериментальная изотерма отклоняется вверх при высоких концентрациях фенола и, возможно, это связано с присутствием тонких пор. Изотерма была линеаризована в координатах уравнений Ленгмюра, БЭТ и Дубинина-Астахова [8]. Проведенными расчетами было определено, что изотерма лучше всего описывается уравнениями Ленгмюра и Дубинина-Астахова. Коэффициент аппроксимации в уравнение БЭТ – низкий, указывая на то, что его нельзя применять для обработки изотермы. Возможно, это связано с тем, что в адсорбенте присутствуют микропоры, объемно заполняющихся молекулами адсорбата, которые и приводят к искажению полученных результатов.

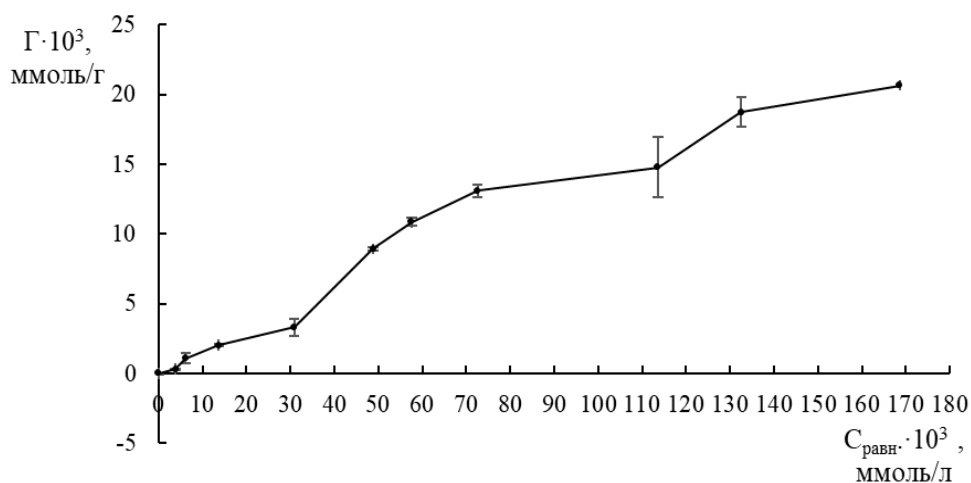


Рис. 2. Изотерма сорбции фенола углеродсодержащим сорбентом из рисовой шелухи

По уравнению Дубинина-Астахова была определена величина энергии, которая имеет невысокое значение (16,85 кДж/моль), свидетельствующее о физическом характере процесса адсорбции фенола.

По уравнению Ленгмюра были рассчитаны емкость адсорбционного монослоя, удельная поверхность и эффективность процесса сорбции, определяемая значением коэффициента разделения R_L . Рассчитанное значение коэффициента R_L равно 0,81, что свидетельствует о высокой эффективности адсорбции фенола из водных растворов образцом углеродсодержащего сорбента из волокнистого остатка рисовой шелухи.

Список литературы:

1. Коростелева, А. В. Способ очистки сточных вод от фенолов / А. В. Коростелева // Известия Пензенского государственного педагогического университета им. В. Г. Белинского. – 2011. – № 25. – С. 585-589.
2. Житарь, С. В. Экологический мониторинг фенолов малых рек чувашской республики / С. В. Житарь, А. Н. Глебов // Вестник Казанского технологического университета. – 2010. – № 2. – С. 307-310.
3. Lin, S. Adsorption of phenol and its derivatives from water using synthetic resins and low-cost natural adsorbents: A review / S. Lin, R. Juang // Journal of Environmental Management. – 2009. – V. 90, N 39. – P. 1336-1349.
4. Potential of rice husk and rice husk ash for phenol removal in aqueous system / A. N. Mahvi et al. // Am. J. Appl. Sci. – 2004. – V. 1. – P. 321-326.
5. Tannin and lignin / Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater / American Public Health Association, American Water Works Association, and Water

- Pollution Control Federation: 20th Edition. Washington, D.C., 1998. – V. 5550. – P. 988-992.
6. Janos P. Sorption of dyes from aqueous solutions onto fly ash / P. Janos, H. Buchtova, M. Ryznarova // *Water Res.*, 2003. – V. 37, N 20 – P. 4938-4944.
 7. Грег С. Адсорбция, удельная поверхность, пористость: пер. с англ., 2-е издание / С. Грег, К. Синг – М.: Мир, 1984. – 306 с.
 8. Кельцев, Н. В. Основы адсорбционной техники / Н. В. Кельцев. – М.: Химия, 1984. – 592 с.

**REMOVAL OF PHENOL FROM AQUEOUS SOLUTIONS USING
CARBON- AND SILICON-CONTAINING SORBENTS FROM WASTE
OF RICE PRODUCTION**

O.D. Arefieva, L.A. Zemnukhova, N.P. Morgun, A.V. Kovekhova, A.M. Popova

¹*Institute of Chemistry Far-Eastern Branch, Russian Academy of Sciences,
Vladivostok, 690022, Russian Federation*

²*Far Eastern Federal University, Vladivostok, 690950, Russian Federation,
e-mail: arefeva.od@dvfu.ru*

Abstract

The sorption capacity of samples of carbon - and silicon-containing products of processing of plant waste in relation to phenol in aqueous solutions was investigated. It is shown that the most effective sorbent from rice production waste is carbonized fibrous residue after alkaline hydrolysis of rice husks. It was found that the sample of carbon-containing sorbent from the fibrous residue of rice husks is in an amorphous state and has a layered fiber structure with pores of different shapes. The sample contains mainly carbon and oxygen, the impurity elements are calcium and silicon. Processing of kinetic data showed that the process of phenol sorption on a carbon-containing sorbent from the fibrous residue of rice husks proceeds due to diffusion and chemical interaction with the surface functional groups of the sorbent. The obtained values of thermodynamic parameters ($\Delta G = -7.62 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$, $\Delta H = -15.11 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$, $\Delta S = -25.12 \text{ J}\cdot(\text{mol}\cdot\text{K})^{-1}$) indicate that the process of adsorption of phenol is spontaneous and energy-efficient. It is shown that in the studied range of phenol concentrations ($0.004\text{-}0.170 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$) the adsorption process is best described by the Dubinin-Astakhov equation and refers to physical adsorption, which is determined by its porous structure.

ВЛИЯНИЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ РАДИАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ НА КРИСТАЛЛИЧЕСКУЮ СТРУКТУРУ ПОЛИТЕТРАФТОРЭТИЛЕНА

М.А. Арсентьев¹, Е.Д. Политова¹, Кирюхин Д.П.², А.С. Смолянский³

¹ООО "МЕТАКЛЭЙ Исследования и Разработки" Сколково,
г. Москва. 121205, Россия, e-mail: mihail.arsentyev92@gmail.com

²ИПХФ РАН, Черноголовка, Московская область, 142432, Россия,
e-mail: office@icp.ac.ru

³РХТУ им. Д.И. Менделеева, Москва, 125047, Россия, e-mail: pochta@mustr.ru

В связи с перспективами технического применения терморadiационно-химически модифицированного ПТФЭ (РХМ-ПТФЭ) [1] является актуальным изучение закономерностей изменения кристаллической структуры ПТФЭ при совместном действии ионизирующего излучения (ИИ) и высоких температур на ПТФЭ. При этом расплав ПТФЭ можно рассматривать как гель, в котором сохраняется высокотемпературная кристаллическая конформация полимерных цепей даже в области температур выше температуры плавления кристаллитов (~327°C) [2].

Цель настоящего исследования состояла в сравнительном изучении методом рентгенофазового анализа (РФА) кристаллической структуры блочного ПТФЭ до и после обработки в условиях совместного воздействия ИИ и высокой температуры и обоснования механизма высокотемпературной радиационной модификации ПТФЭ. Методика изготовления и анализа методом РФА экспериментальных образцов ПТФЭ обоих видов приведена в [3, 4].

Рентгенограмма ПТФЭ и РХМ-ПТФЭ содержит набор пиков кристалличности и три диффузионных максимума в области $2\theta = 10 - 25$, $25 - 60$ и $70 - 75^\circ$ (рис. 1, (таблица 1)). Отношение межплоскостных расстояний для максимумов 100, 110, 200 – $(d_{100})^2:(d_{110})^2:(d_{200})^2 = 1:2,97:3,96$ в случае ПТФЭ и $1:3,02:4,01$ для РХМ-ПТФЭ, что незначительно отличается от теоретического значения $1:3:4$, соответствующего гексагональной структуре кристаллической фазы [5].

На рентгенограммах ПТФЭ и РХМ-ПТФЭ максимальной интенсивностью I_{\max} обладает пик кристалличности 100 (рис. 1, 2, таблица 1). Интенсивность остальных пиков кристалличности существенно ниже. Природа дифракционного максимума при $8,944$ и $8,823^\circ$ в ПТФЭ и РХМ-ПТФЭ, соответственно, может быть связана с кластерами фрагментов деструкции полимерных цепей [5]. В пользу этого может свидетельствовать сдвиг в сторону более низких дифракционных углов и рост интенсивности пика $8,823^\circ$ в РХМ-ПТФЭ.

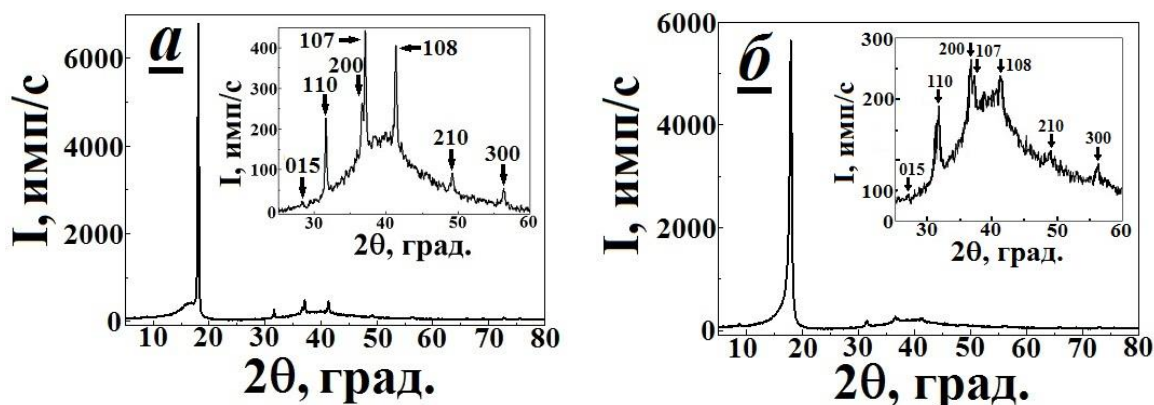


Рис. 1. Рентгенограммы исходного (а) и радиационно-химически-модифицированного политетрафторэтилена (б). На вставке приведены участки рентгенограмм, содержащие конформационно-чувствительные пики кристалличности 107 и 108

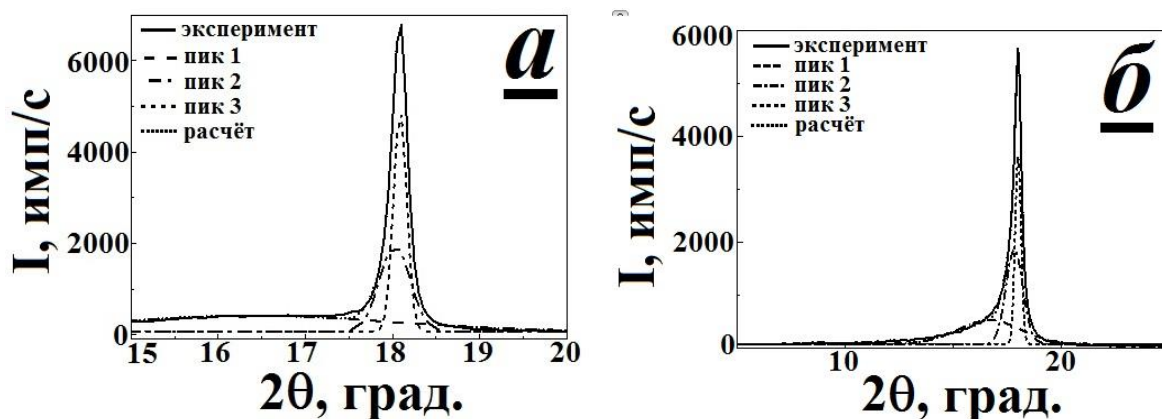


Рис. 2. Аппроксимация пика кристалличности 100 в исходном (а) и радиационно-модифицированном политетрафторэтилене (б): пик 1 соответствует гало с максимумом при $16,364 \pm 0,034$ (а) и $16,680 \pm 0,043$ град. (б). Пик 2 – первая компонента пика 100 с максимумом при $18,039 \pm 0,003$ (а) и $17,732 \pm 0,020$ град. (б). Пик 3 – вторая компонента пика 100 с максимумом при $18,122 \pm 0,002$ (а) и $18,012 \pm 0,003$ град.)

Таблица 1

Характеристики рентгенограмм исходного и терморadiационно-химически-модифицированного политетрафторэтилена

Индексы Миллера			Исходный ПТФЭ			Терморadiационно-химически-модифицированный ПТФЭ		
<i>h</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	2θ , град.	I/I_{\max} , %	d_1 , Å	2θ , град.	I/I_{\max} , %	d_2 , Å
-	-	-	8,944	0,282	9,8792	8,823	0,695	10,01441
1	0	0	18,182	100	4,87523	18,017	100	4,9195
0	1	3	26,405	0,135	3,37269	-	-	-
0	1	5	28,355	0,199	3,14502	29,517	0,231	3,0238
1	1	0	31,606	2,779	2,82855	31,581	2,018	2,83073
2	0	0	36,651	1,921	2,44995	36,552	2,107	2,45636
1	0	7	37,029	4,532	2,4258	37,002	0,918	2,42751
1	0	8	41,31	3,884	2,18376	41,248	0,980	2,1869
2	1	0	49,209	0,735	1,85012	49,014	0,966	1,85702
3	0	0	56,337	0,613	1,63176	56,337	0,481	1,63176
2	2	0	66,126	0,294	1,41194	65,783	0,387	1,41847
3	0	8	69,108	0,461	1,35812	68,8	0,348	1,36344
0	0	15	72,663	0,528	1,30018	72,706	0,539	1,29952
1	0	15	75,645	0,334	1,25616	75,565	0,266	1,25729
1	3	7	78,627	0,208	1,21582	78,376	0,156	1,21909

Примечание: 2θ , град. – величина дифракционного угла, соответствующего положению пика кристалличности на дифрактограмме; I/I_{\max} , % - относительная интенсивность пика кристалличности; d_1 , d_2 , Å – значения межплоскостных расстояний, рассчитанные по уравнению Брэгга [3]

В согласии с [3] было обнаружено, что форма пика 100 изменяется после терморadiационной обработки как в ПТФЭ, так и в РХМ-ПТФЭ (рис. 2). Форму пика 100 можно аппроксимировать одной гауссовой и двумя кривыми Лоренца, соответствующими гало 10 - 25° и двум компонентам пика 100. Происхождение пика 100 может быть связано двумя типами кристаллов (далее – Кр1 и Кр2), которые принадлежат одной гексагональной сингонии (постоянные решётки $a_0 = 5,65$, $c_0 = 19,50$ Å, группа симметрии $R\bar{3}m$), но обладают различными межплоскостными расстояниями – $4,914 \pm 0,001$ и $4,891 \pm 0,001$ Å для первой и второй компонент пика 100 в ПТФЭ и,

аналогично, $4,998 \pm 0,01$ и $4,921 \pm 0,01$ Å в РХМ-ПТФЭ. Увеличение межплоскостных расстояний для кристаллов обоих типов (Δ_1 и Δ_2 , соответственно) в РХМ-ПТФЭ согласуется с ранее обнаруженным [3] фактом увеличения этого параметра для гамма-облученного при комнатной температуре ПТФЭ в области поглощённых доз свыше 100 кГр. Однако величина эффекта в РХМ-ПТФЭ ($\Delta_1 = 0,084$ и $\Delta_2 = 0,03$ Å для Кр1 и Кр2, соответственно) значительно выше аналогичных оценок увеличения межплоскостных расстояний, полученных для ПТФЭ, облученного до 200 кГр при комнатной температуре ($\Delta_{1,2} \sim 0,01$ Å как для Кр1, так и Кр2) [4]. Таким образом, высокотемпературная радиационная обработка ПТФЭ ускоряет изменение межплоскостных расстояний в РХМ-ПТФЭ. Более того, в отличие от гамма-облученного до 200 кГр ПТФЭ, величина $\Delta_{1,2}$ в РХМ-ПТФЭ зависит от типа кристалла. Вероятно, это различие может быть связано с протеканием радиационно-индуцированных топомимических реакций в кристаллической фазе ПТФЭ, или с различной величиной коэффициента термического расширения Кр1 и Кр2.

Постоянные кристаллической решётки были рассчитаны согласно формулам [6]:

$$a^2 = \frac{4}{3} \cdot \frac{A_1 B_2 - A_2 B_1}{\frac{d_{h_1 k_1 l_1}^2}{B_2} - \frac{d_{h_2 k_2 l_2}^2}{B_1}} \quad (1)$$

$$c^2 = \frac{A_1 B_2 - A_2 B_1}{\frac{A_1}{d_{h_2 k_2 l_2}^2} - \frac{A_2}{d_{h_1 k_1 l_1}^2}} \quad (2)$$

где $A_i = h_i^2 + h_i k_i + k_i^2$; $B_i = l_i^2$ ($i = 1, 2$) – выражения, составленные из индексов Миллера, $d_{h_1 k_1 l_1}$ и $d_{h_2 k_2 l_2}$,

Å – межплоскостные расстояния, определённые для пиков кристалличности 220 и 308 в ПТФЭ и РХМ-ПТФЭ, соответственно (таблица 1).

Рассчитанные по формулам (1), (2), постоянные решётки для ПТФЭ $a_1 = 5,648$ Å, $c_1 = 19,638$ Å несколько ниже приведённых выше теоретических значений a_0 , c_0 . Напротив, полученные оценки для постоянных решётки РХМ-ПТФЭ $a_2 = 5,674$ Å, $c_2 = 19,684$ Å свидетельствуют об увеличении периода решётки ПТФЭ в результате терморadiационного воздействия.

Степень кристалличности (X_c) ПТФЭ составила 69,21%, в то время как у РХМ-ПТФЭ $X_c = 76,7\%$, а степень кристалличности ПТФЭ, гамма-облученного до 200 кГр при комнатной температуре, была равна 85,54% [3]. Следовательно, радиационная или терморadiационная обработка ПТФЭ приводит к увеличению содержания кристаллической фазы в полимере. Однако в последнем случае эффект увеличения степени кристалличности ниже (7,49% против 16,33%).

Результаты аппроксимации функцией Гаусса дифракционного максимума (или гало), наблюдающегося на рентгенограммах ПТФЭ и РХМ-ПТФЭ в области углов 10-25 град. (рис. 1, а, б, таблица 2), показывают, что терморadiационная обработка вызывает: а) незначительное смещение максимума гало $2\theta_{max}$ в сторону более высоких дифракционных углов; б) увеличение площади A и амплитуды дифракционных максимумов H на ~15% и ~29,4%, соответственно; в) уменьшение ширины максимума на полувысоте $\Delta(2\theta)_{1/2}$ от 1,623 до 1,446°. В соответствии с [7] было установлено, что форма диффузного пика в области 25-60° может быть удовлетворительно аппроксимирована двумя кривыми Гаусса (таблица 2). Используя уравнение Шерера [2], определили средний размер L центров рассеяния, ответственных за возникновение рассматриваемых гало. В ПТФЭ $L = 20,9$ Å (гало 10-25°), 8,862 и 9,512 Å (первый и второй компоненты гало 25-60°). В случае РХМ-ПТФЭ $L = 23,6$ Å для гало 10-25°, 8,035 и 5,832 Å для первой и второй компонент гало 25-60°, соответственно.

Терморadiационное воздействие вызывает увеличение L для центров рассеяния, формирующих гало 10-25°, и уменьшение L центров рассеяния для обоих компонент гало 25-60° на рентгенограммах ПТФЭ. Обнаружено уменьшение размера центров рассеяния, приводящих к появлению второй компоненты гало в области 25-60°, по-

чти в два раза. Накопление фрагментов деструкции полимерных цепей на границе раздела между аморфной и кристаллической фазами может быть причиной возникновения максимумов $8,944^\circ$ и $8,823^\circ$ и гало $10-25^\circ$ на рентгенограммах ПТФЭ и РХМ-ПТФЭ [3].

Таблица 2

Результаты аппроксимации кривыми Гаусса диффузных пиков $10-25$ и $25-60^\circ$ на рентгенограммах ПТФЭ и терморadiационно-химически модифицированного ПТФЭ

Наименование	Исходный ПТФЭ		
	гало 10-25 град.	гало 25-60 град, компонент 1	гало 25-60 град, компонент 2
y_0 , отн. ед.	$66,551 \pm 2,148$	$3,952 \pm 0,660$	$3,952 \pm 0,660$
$2\theta_{max}$, град.	$16,364 \pm 0,034$	$39,229 \pm 0,100$	$48,596 \pm 0,440$
w , град.	$3,247 \pm 0,067$	$8,082 \pm 0,136$	$7,788 \pm 0,608$
A , отн. ед.	$1411,716 \pm 31,403$	$1724,148 \pm 42,033$	$347,724 \pm 40,367$
σ , град.	1,623	4,041	3,894
$\Delta(2\theta)_{1/2}$, град.	3,823	9,516	9,170
H , отн. ед.	346,917	170,214	35,625
y_0 , отн. ед.	$73,175 \pm 2,533$	$37,128 \pm 2,408$	$37,128 \pm 2,408$
$2\theta_{max}$, град.	$16,680 \pm 0,043$	$38,753 \pm 0,206$	$50,527 \pm 1,348$
w , град.	$2,891 \pm 0,063$	$8,9094 \pm 0,308$	$12,781 \pm 2,162$
A , отн. ед.	$1626,748 \pm 45,961$	$1796,038 \pm 144,751$	$689,900 \pm 140,193$
σ , град.	1,446	4,455	6,390
$\Delta(2\theta)_{1/2}$, град.	3,404	10,490	15,048
H , отн. ед.	448,911	160,845	43,070

Примечание: y_0 , отн. ед. – амплитуда фона; $2\theta_{max}$, град. – величина дифракционного угла в максимуме гало; w , град. – среднеквадратическое отклонение; A , отн. ед. – площадь гало; σ , град. – математическое ожидание; $\Delta(2\theta)_{1/2}$, град. – ширина на полувысоте; H , отн. ед. – амплитуда гало в максимуме

Как известно [2], пики кристалличности с $hkl = 107$ и 108 являются конформационно-чувствительными, причём интенсивность рассматриваемых максимумов зависит от содержания дефектов в конформации $15/7$, возникающих в ПТФЭ при воздействии ИИ и высоких температур. Как следует из полученных данных (рис. 1 а, б, вставка; таблица 1), терморadiационная обработка приводит к заметному снижению интенсивности максимумов 107 и 108 – в $\sim 3,9$ и $\sim 4,9$ раз, соответственно.

Показано [2], что с увеличением температуры происходит обратимый переход кристаллов ПТФЭ из фазы IV, существующей в области температур от 19 до 30° , в высокотемпературную фазу I, которая охватывает область температур от 30 до 400°C , сопровождается снижением интенсивности и исчезновением пиков 107 и 108 при температурах до 35°C . Обнаруженное заметное снижение интенсивности максимумов 107 и 108 на рентгенограмме РХМ-ПТФЭ (рис. 1, б, вставка, таблица 1) позволяет заключить, что совместное действие ИИ и температуры приводит к необратимости температурных эффектов. Возможной причиной могут быть радиационно-индуцированные процессы сшивания и деструкции полимерных цепей ПТФЭ, которые приводят к возникновению трёхмерной «сетки» и конформационных дефектов в объёме РХМ-ПТФЭ, препятствующих переходу кристаллов ПТФЭ из высокотемпературной фазы I в фазу IV, стабильную при комнатной температуре [1, 4].

Эта работа была выполнена при поддержке Российского Фонда Фундаментальных исследований, грант № 17-07-00524.

Список литературы:

1. Geil P.H. Effect of Molecular Weight and Melt Time and Temperature on the Morphology of Poly(tetrafluoroethylene) / Geil P.H., Yang J., Williams R.A., Petersen K.L., Long T.C., Xu P. // *Advanced Polymer Science*. – 2005. – V. 180. – P. 89 – 159. DOI 10.1007/b107233
2. Смолянский А.С. Радиационно-индуцированные изменения степени кристалличности порошкообразного политетрафторэтилена / Смолянский А.С., Арсентьев М.А., Рашковский А.Ю., Политова Е.Д. // *Кристаллография*. – 2019. – Т. 64, № 4. – С. 529–534. DOI: 10.1134/S1063774519040205
3. Егоров В.М. Влияние γ -облучения и допирования диоксидом кремния на свойства политетрафторэтилена / Егоров В.М., Якушев П.Н., Арсентьев М.А., Смолянский А.С. // *Физика твёрдого тела*. – 2019. – Т. 61, № 7. – С. 1386–1390. DOI: 10.21883/FTT.2019.07.47856.405
4. Buznik V.M. Structure of Polytetrafluoroethylene Powders Obtained by Photochemical Polymerization of Gaseous Monomer / Buznik V.M., Vopilov Yu.E., Ivanov V.K., Sigachev A.S., Polyakov V.S., Smirnov M.A., Kulagina T.P., Sorokin Yu.V., Tarasov V.P., Kharitonova E.P., Yurkov G.Yu. // *Inorganic Materials: Applied Research*. – 2013. - Vol. 4, No. 2. - pp. 131–137. DOI: 10.1134/S2075113313020044
5. Определение параметров элементарной ячейки кристаллов: Описание лабораторной работы по курсу «Рентгеноструктурный анализ» / Сост.: Т.В. Панова, В.И. Блинов. – Омск: Омск. гос. ун-т, 2004. – 12 с.
6. Лебедев Ю.А. Рентгенографический фазовый анализ политетрафторэтилена / Лебедев Ю.А., Королев Ю.М., Поликарпов В.М., Игнатьева Л.Н., Антипов Е.М. // *Кристаллография*. – 2010. – Т. 55, № 4. - С. 651 – 656.

INFLUENCE OF THE HIGH TEMPERATURE RADIATION TREATMENT ON THE CRYSTALLINE STRUCTURE OF POLYTETRAFLUOROETHYLENE

M.A. Arsentyev¹, E.D. Politova¹, D.P. Kiryukhin², A.S. Smolyanskii³

¹*Ltd. "Metaclay Research and Development", Skolkovo, Moscow, 121205, Russian Federation, e-mail: mihail.arsentyev92@gmail.com*

²*Institute of Problems of Chemical Physics RAS, Chernogolovka, Moscow region, 142432 Russian Federation, e-mail: office@icp.ac.ru*

³*D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, 125047, Russian Federation, e-mail: pochta@muctr.ru*

Abstract

A comparative study of the Polytetra Fluoroethylene (PTFE) and thermo-radiation-modified PTFE (RM-PTFE) crystal structure of was carried out by the method of X-ray phase analysis. PTFE thermo-irradiation treatment handled at temperatures from 330 to 350°C under the influence of gamma radiation from the Co⁶⁰ isotope to an absorbed dose of 200 kGy and a dose rate of 1.5 ± 0.3 Gy/s. The combined effect of radiation and high temperatures causes a number of changes in the crystal structure of the RM-PTFE as compared with the initial polymer: i) the level of crystal phase increases from 69.21% to 76.7%; ii) the size of two types of crystallites forming the crystalline phase of PTFE increased from 4.914 ± 0.001 and 4.891 ± 0.001 Å to 4.998 ± 0.01 and 4.921 ± 0.01 Å, respectively; iii) the lattice constants changed from $a_1 = 5.648$ Å, $c_1 = 19.638$ for PTFE to $a_2 = 5.674$ Å, $c_2 = 19.684$ Å in the case of RM-PTFE. As a result of thermo-radiation treatment, a decrease of 3-4 times in the intensity the conformation-sensitive crystalline peaks on X-ray diffraction patterns of RM-PTFE detected at room temperature was found. It was concluded that the temperature changes in the crystal structure of RHM-PTFE are irreversible as a result of radiation-induced processes of cross-linking and destruction, formation of conformational defects in polymeric chains.

О НЕКОТОРЫХ МЕТОДИЧЕСКИХ АСПЕКТАХ ГИДРОАКУСТИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА МОРСКОГО МАКРОФИТОБЕНТОСА

Ю.Г. Артемов¹, С.Е. Садогурский², Ю.В. Плугатарь², Т.В. Белич²,
С.А. Садогурская², Д.Б. Евтушенко¹

¹*Институт морских биологических исследований им. А.О. Ковалевского РАН,
г. Севастополь, 299003, e-mail: yu.g.artemov@gmail.com*

²*Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН,
г. Ялта, 298648, e-mail: ssadogurskij@yandex.ru*

Исследование макроскопической донной растительности (МДР) может быть выполнено как с применением классических контактных, так и новых дистанционных методов. Гидроакустический (дистанционный) метод основан на измерении количества акустической энергии, рассеиваемого МДР. В сочетании с высокоточными системами GPS и современными технологиями обработки сигналов он обеспечивает быстрый и эффективный сбор данных со значительным пространственным разрешением. Это позволяет выделять участки с различной МДР, оценивать особенности её пространственного распределения, скорость роста макрофитов и др. Среди прочих, одно из преимуществ метода – незначительное изъятие МДР. ООПТ у м. Мартьян (с 1973 г. природный заповедник; с 2015 г. по н.в. – природный парк) – уникальный природный средиземноморский территориально-аквальный комплекс ЮБК [4]. Гидророботанический мониторинг в его заповедной акватории ведётся около полувека и в данном аспекте она в числе наиболее изученных в Северном Причерноморье [1]. Попытка картирования МДР контактным методом была предпринята около сорока лет назад [3], но к настоящему времени материалы утеряны. В связи с этим, перед нами стояла цель – провести гидроакустическое обследование дна у м. Мартьян, установить особенности звукорассеивающих свойств макрофитов, доминирующих в заповедной акватории, и отработать методические подходы комплексного гидророботанического и гидроакустического исследования МДР для организации её гидроакустического мониторинга.

Охраняемый территориально-аквальный комплекс м. Мартьян расположен на восточном замыкании Ялтинского горнолесного амфитеатра. В районе исследований берег приглубый, особенно в центральной и восточной частях заповедной акватории, где дно изрезано чередой небольших перпендикулярных береговой линии каньонов. У берега доминируют твёрдые грунты (глыбовый и валунно-глыбовый навал), которые с глубины 8–10 м (местами с 14 м) сменяются песками с примесью ракуши. Исследование выполнено в летний сезон 2018 г. Объект исследования – сублиторальная МДР. Обследование МДР традиционным контактным способом проводилось по общепринятой гидророботанической методике. Отбор проб для определения количественных показателей макрофитов и выявления структурных особенностей МДР выполнен в интервале глубин 0–8 м на расстоянии до 250 м от берега (глубже до изобаты 12 м выполнены визуальные исследования). Для акустической съёмки использован мобильный акустический комплекс на базе портативного эхолота SeaChirter 480 DF с приемником GPS и гидроакустической антенной 60° Skimmer®, работающей на частоте 200 кГц, которая была закреплена на привальном бруске в средней части моторного судна. Эхолот оборудован устройством записи профилей обратного рассеяния звука и навигационных данных в формате SLG. Был разработан алгоритм чтения записей и включен в программу WaveLens [5]. Для настоящего исследования выполнена модификация программы, позволяющая оперировать двумя значениями расстояния от антенны, которые определяются эхолотом по профилю обратного рассеяния

автоматически: H_1 указывает на переднюю (верхнюю) границу фронта эхо-сигнала от морского дна, а H_2 – на его пик. Значения H_1 интерпретировались нами как расстояние от антенны эхолота до вершины зарослей макрофитов, а H_2 – до их основания (до морского дна). Соответственно, высота зарослей (длина макрофитов) H_e определялась по формуле

$$H_e = H_2 - H_1 \quad (1)$$

В зависимости от результата сравнения этой величины с пороговым значением $H_{кр}$, поверхность дна классифицировалась как «голая» или «заросшая» и, соответственно, для нее запоминалась высота зарослей. Эмпирически была установлена оптимальная величина порогового значения $H_{кр} = 0.2$ м, обеспечивающая в обследованном районе не только приемлемые уровни распознавания зарослей, но и отсеечения случаев их ложного распознавания при затяжке фронта эхо-сигнала от дна. Для конкретного участка дна, характеризуемого географическими координатами, по накопленным данным определялись величины проективного покрытия дна растительностью и среднее значение высоты зарослей.

Результаты гидробиотических исследований, выполненных традиционными контактными методами, показали, что МДР у м. Мартьян (как и в целом вдоль ЮБК) имеет поясное распределение, которое нарушается и усложняется особенностями подводного рельефа отдельных участков дна. В сублиторали в интервале глубин 0.5–10 (12) м, доминируют высокопродуктивные многоярусные сообщества цистозир (*Cystoseira barbata* (Stackh.) C. Agardh и *C. crinita* Duby). В период проведения исследований биомасса МДР в цистозировых сообществах колебалась от 1.4 кг/м² вдоль верхней границы зарослей до 6.7 кг/м² вдоль трёхметровой изобаты (со снижением до 4.7 кг/м² вдоль нижней границы зарослей). При этом около 30% общей биомассы образуют водоросли нижних ярусов и обильный эпифитон (в первую очередь *Cladostephus spongiosum* f. *verticillatum* (Lightf.) Prud'homme, *Phyllophora crispa* (Huds.) P.S. Dixon и эпифитная *Vertebrata subulifera* (C. Agardh) Kuntze). Проективное покрытие (ПП) в период проведения исследований достигало 100% в границах участков сплошных зарослей (на глыбах и валунах), но с учётом галечников, лишённых растительного покрова, значения колебались в пределах 65–85%; длина талломов (высота МДР) составляла 0.3–0.4 м. Рыхлые грунты в интервале глубин 6–8 м в западной части обследованной акватории занимают сообщества взморника (*Zostera marina* L. и *Z. noltei* Hornem.). Ярусность в них не выражена, надземная биомасса достигает 0.3–0.4 кг/м² (вклад эпифитов незначителен); ПП колеблется в пределах 25–30% (изредка до 60%), а средняя длина побегов составляет 0.3–0.35 м.

Сопоставление данных гидроакустической съёмки, с результатами собственных гидробиотических исследований и ранее опубликованными данными, даёт следующую картину. Гидроакустическая съёмка подтвердила, что сублиторальная МДР вдоль берега распределена неравномерно, нижняя её граница также определена на глубине 10–12 м. Предварительно установлено, что общая площадь зарослей МДР в обследованной акватории составляет около 0.45 км²; максимальные значения ПП МДР уменьшается от 95–97 % на глубинах 2–3 м до 50–70% на глубинах 11–12 м с двумя локальными максимумами на глубинах 3 и 8 м. Получен статистический ряд из около 600 значений высоты зарослей (длины талломов / побегов) МДР в диапазоне глубин 2–12 м. Статистический анализ показал, что закон распределения этого показателя близок к нормальному со средним 0.48 м при стандартном отклонении 0.25. Выявленные акустическим методом заросли МДР на большей части обследованной акватории представляют собой сообщества цистозир (*Cystoseira barbata*, *C. crinita*). Хорошо прослеживается поясной характер распределения зарослей, их границы, ПП и, в общих чертах, высота. На данном этапе сложно лишь по акустическим сигналам уверенно дифференцировать заросли взморника (*Zostera marina* и *Z. noltei*), локализованные на рыхлых грунтах. Но с учётом результатов гидробиотических

наблюдений, выполненных традиционным контактным методом, это реально. Важно отметить, что талломы цистозир имеют воздушные пузыри, а основу побегов представителей взморников составляет аэренхима, в которой обширные межклетники также заполнены воздухом. Вследствие высокого акустического импеданса между воздухом и водой они являются очень сильными звукорассеивателями в широком диапазоне частот звука. Отметим, что в обследованной акватории зарегистрирован и другой тип звукорассеивателей: многочисленные одиночные или групповые объекты высотой 4 м (и более). Тяготея к большим глубинам (до 32 м), они расположены мористее зарослей МДР. Их природа пока не выяснена, но полагаем, что часть их может быть образована шлейфами пузырьков, т.к. у м. Мартьян обнаружены многочисленные площадки газовой разгрузки дна [2]. Не исключено, что некоторые объекты представляют собой скопления рыбы.

Таким образом, обследование МДР в заповедной акватории у м. Мартьян, выполненное с применением гидроботанических и гидроакустических методов, показало принципиальную возможность эффективного использования мобильного акустического комплекса на базе эхолота SeaCharter 480 DF и специализированного программного обеспечения WaveLens для детектирования и установления общего характера МДР, а также для выявления её границ, проективного покрытия, высоты и пр. Для этого была модифицирована и апробирована методика (в т.ч. программное обеспечение), что позволило оперировать значениями расстояния (глубины), определяемыми эхолотом по профилю обратного рассеяния автоматически, а для района исследований эмпирически установить величину порогового значения высоты зарослей, обеспечивающую оптимальное соотношение «распознавание МДР / отсечение ложного распознавания». Установлены особенности звукорассеивающих свойств МДР, при этом показано, что цистозир (*Cystoseira barbata*, *C. crinita*) и взморники (*Zostera marina*, *Z. noltei*) вследствие высокого акустического импеданса между воздухом (содержащимся в органах и тканях) и водой, являются сильными звукорассеивателями в широком диапазоне частот звука, что существенно повышает результативность детектирования и описания МДР. Необходимы дальнейшие исследования для уверенной дифференциации акустических сигналов от зарослей различных таксонов макрофитобентоса, а также для повышения объективности интерпретации сигналов. Проведение количественного исследования МДР с применением гидроакустических методов снижает негативное трансформирующее воздействие на сам объект исследования, что особенно важно в границах ООПТ. Наиболее эффективно совместное применение контактных и дистанционных методов. Результаты положены в основу гидроакустического мониторинга МДР у м. Мартьян, в дальнейшем будут использованы для картирования растительного покрова и определения запасов макрофитов.

Эта работа выполнена в рамках государственной бюджетной темы № 0829-2015-0001 «Проведение мониторинговых исследований и определение современного состояния биоты Государственного природного заповедника «Мыс Мартьян» в 2016–2020 гг.» при финансовой поддержке гранта РФФИ № 18-45-920057 p_a «Изучение локализации холодных сипов, их потоков, химического состава и генезиса струйных газовыделений в прибрежной зоне Крыма: в бухте Ласпи и в заповедной акватории мыса Мартьян».

Список литературы:

1. Белич Т.В. Ревизия флоры макрофитов заповедника «Мыс Мартьян» / Т.В. Белич, С.Е. Садогурский, С.А. Садогурская // Труды Карадагской научной станции им. Т.И. Вяземского – природного заповедника РАН. – 2018. – Вып. 3(7). – С. 3 – 21. DOI: 10.13140/RG.2.2.17236.45440
2. Егоров В.Н. Обнаружение струйных газовыделений в акватории у Мыса Мартьян / В.Н. Егоров, Ю.В. Плугатарь, Т.В. Малахова, С.Е. Садогурский, И.Н. Мо-

- сейченко // Бюлл. Никит. ботан. сада. – 2018. – № 126. – С. 9 – 13.
3. Маслов И.И. К детальному описанию биоценоза цистозеры заповедника «Мыс Мартьян» / И.И. Маслов, Л.А. Куропатов // Бюлл. Никит. ботан. сада. – 1987. – Вып. 63. – С. 13 – 17.
 4. Плугатарь Ю.В. Природный заповедник «Мыс Мартьян» / Ю.В. Плугатарь, Н.А. Багрикова, Т.В. Белич, С.Ю. Костин, Е.С. Крайнюк, И.И. Маслов, С.Е. Садогурский, С.А. Садогурская, И.С. Саркина / 2-е изд., испр. и доп. – Симферополь: ИТ «Ариал». – 2018. – 104 с.
 5. Artemov Yu.G. Software support for investigation of natural methane seeps by hydroacoustic method // *Marine Ecol. J.* – 2006. – Vol. 5. – P. 57 – 71.

**ABOUT SOME METHODOLOGICAL ASPECTS OF HYDROACOUSTIC
MONITORING OF MARINE MACROPHYTOBENTHOS**

**Yu.G. Artemov¹, S.Ye. Sadogurskiy², Yu.V. Plugatar², T.V. Belich²,
S.A. Sadogurskaya², D.B. Evtushenko¹**

¹*A.O. Kovalevsky Institute of Marine Biological Researches of RAS,
Sevastopol, 299003, e-mail: yu.g.artemov@gmail.com*

²*Nikitsky Botanical Gardens – National Scientific Centre of RAS,
Yalta, 298648, e-mail: ssadogurskiy@yandex.ru*

Abstract

Survey of benthic macro-vegetation (BMV) was conducted within the marine part of the nature reserve “Cape Martyan” (Southern Coast of Crimea) using hydrobotanical (contact) and hydroacoustic (remote sensing) methods. It clearly showed the fundamental possibility and efficiency of using a mobile acoustic equipment based on the SeaCharter 480 DF echo sounder and specialized software WaveLens for detection and study the general nature of BMV, as well as for identifying BMV boundaries, projective cover, height, etc. The method, including software, was adapted and tested to automatically determine the height of BMV from the sound backscatter profile using the BMV height detection threshold $H_{cr} = 0.2$ m, which was empirically set for the study area, providing the optimum MDR / false recognition cutoff ratio. It is noted that cystoseires (*Cystoseira barbata* (Stackh.) C. Agardh and *C. crinita* Duby) and seagrasses (*Zostera marina* L. and *Z. noltei* Hornem.), whose communities dominate the vegetation cover of the area, are strong sound scatterers due to high acoustic impedance between air (contained in organs and tissues) and sea water, what significantly increases the efficiency of detection and description of BMV. The study clearly showed the effectiveness of the joint use of contact and distance methods.

ИССЛЕДОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЙ ЖИЗНЕННО ВАЖНЫХ И НЕКОТОРЫХ ТОКСИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В РАСТЕНИЯХ, ПЛОДООВОЩНОЙ ПРОДУКЦИИ, ЛЕКАРСТВЕННЫХ ТРАВАХ И СБОРАХ

Я.А. Ахмедов, Б.К. Кульджанов, С.А. Бакиев, Е.А. Данилова, Б.И. Курбанов
Институт Ядерной Физики АН РУз, Ташкент, 100214, Узбекистан,
e-mail: yakhub@inp.uz

Введение. Микроэлементозы представляют собой патологические процессы, вызванные недостатками и избытками микроэлементов. Исследованиями установлено, что 80% населения страдает от более или менее выраженного дисбаланса микроэлементов. Интерес к изучению проблемы подтверждается фактом, что с 1984г. выходят ежеквартальные международные журналы, посвященные исследованию роли микроэлементов в медицине [1].

Хронический дисбаланс микроэлементов ведет к серьезным изменениям функций организма - от ослабления иммунитета до возникновения онкологических заболеваний. Причин дисбаланса микроэлементов много. Среди них следует отметить атаки токсичных веществ (повышенная концентрация выхлопных газов в атмосфере крупных городов, неблагоприятная экологическая обстановка промышленных зон), недостаточное поступление в организм микроэлементов с пищей. Изучение микроэлементного состава продуктов питания, в частности, растительного происхождения является актуальной и целесообразной задачей в плане организации как профилактического, так и корригирующего питания

Методика инструментального нейтронно-активационного анализа. При разработке методики анализа проведен весь цикл необходимых расчетно-методических исследований, включающих в себя выявление перечня определяемых элементов, исследования возможных помех для анализа, выбор аналитических радионуклидов, оптимизацию временных параметров анализа и определение пределов обнаружения элементов.

При нейтронно-активационном определении элементного состава вещества существуют три типа мешающих факторов: конкурирующие ядерные реакции, интерференция (наложение) гамма-линий различных радионуклидов и комптоновский фон от более высокоэнергичных γ -линий, поднимающий пьедестал под аналитической линией определяемого элемента и, тем самым, ухудшающий соотношение сигнал/фон [5].

Спектр нейтронов ядерного реактора, где облучаются анализируемые образцы, имеет широкий диапазон энергий (от 0 до ~ 15 МэВ), так что, кроме основного (n,γ), открываются и другие (пороговые) каналы реакций, по которым могут образоваться аналитические радионуклиды от других элементов [3]. Расчеты, проведенные с использованием ядерно-физических констант основных и конкурирующих реакций, показали, что для радионуклидов всех рассматриваемых элементов вклад конкурирующих реакций ничтожно мал и его можно не учитывать. Благодаря высокому разрешению гамма-спектрометрической аппаратуры, случаев наложения линий (интерференции) в пределах ± 2 кэВ в нашем случае не встречается [2]. Известно, что в спектре γ -излучений аналитические линии многих определяемых элементов находятся на комптоновском пьедестале от более высокоэнергичных линий. Улучшения отношения сигнал/фон можно добиться, только варьируя временные параметры анализа. Этим путем добиваются получения оптимальных параметров анализа при определении конкретных радионуклидов. Однако в нашем случае при проведении одновременного многоэлементного анализа приходится ограничиваться нахождением оптимума не для конкретного радионуклида, а лишь для группы элементов.

Учитывая сказанное выше, мы сгруппировали определяемые элементы на следующие три группы с указанными условиями и режимами анализа [2]:

Группа 1. Mg, Cl, I, Mn, Cu, Na, K, при облучении которых тепловыми нейтронами, образуются короткоживущие радионуклиды ^{27}Mg , ^{56}Mn , ^{38}Cl , ^{128}I и др. с периодами полураспада от нескольких минут до нескольких часов. Оптимальная длительность облучения составляет 15 с при плотности потока нейтронов $f = 10^{13}$ н/см²с в тепловом канале реактора; $t_{\text{охл}} = 10\text{--}15$ мин. Для определения Cu, Na, K $t_{\text{изм}} = 200$ с. Для определения Mg, Cl, Mn и I $t_{\text{изм}} = 50$ с.

Группа 2. В эту группу входят среднеживущие нуклиды Ca, Sm, Mo, Lu, U, Yb, Au, As, Nd, Br, La, Cd. Оптимальная длительность облучения составляет 15 часов при плотности потока нейтронов $f = 10^{13}$ н/см²с, $t_{\text{охл}} = 10$ дней, $t_{\text{изм}} = 200$ с.

Группа 3. Те же пробы (облученные по группе 2) выдерживаются для остывания 30 суток для определения элементов Ce, Se, Hg, Tb, Th, Cr, Hf, Ba, Sr, Ag, Cs, Ni, Sc, Rb, Fe, Zn, Co, Ta, Eu, Sb по долгоживущим нуклидам. Длительность измерений составляет 400–600 с.

Измерение спектров гамма-излучения облученных проб и эталонов (стандартных образцов) проводили на компьютеризированном гамма-спектрометре высокого разрешения фирмы «Canberra». Перед началом измерений спектрометр настраивали с помощью образцовых гамма-источников (ОСГИ). Содержание элементов определяли относительным методом путем сравнения активности радионуклида определяемого элемента с активностью того же элемента в эталоне или в стандартном образце. Основные операции по обработке γ -спектров проводили с помощью пакета программ Genie-2000, который управляет процессом измерений, проводит калибровку γ -спектра, определяет энергии γ -линий, вычисляет их интенсивности (площади под аналитической линией) и статистическую погрешность определения интенсивности линии. По энергиям гамма-линий проводится однозначная идентификация радионуклидов химических элементов. По полученным интенсивностям гамма-линий пробы и эталона оператор проводит вычисление содержаний элементов в пробах.

Разработанная методика позволила определить около 40 элементов в пробах растительного происхождения с пределами обнаружения, указанными в табл. 1. Там же приведены ядерно-физические характеристики, определяемых элементов. В зависимости от мешающих факторов пределы обнаружения могут отличаться на порядок.

Достоинствами разработанной методики являются многоэлементность и высокая чувствительность определения большого числа элементов.

Подготовка проб. Исследуемые лекарственные травы в основном приобретали в высушенном виде в аптеках, у частных продавцов (специализирующихся на сборе и продаже лекарственных трав), а овощи, фрукты и некоторые травы в естественном (не высушенном) виде. При приобретении проб по возможности устанавливали место их произрастания.

Отобранные пробы тщательно промывали сначала водопроводной водой, а затем дважды дистиллированной водой. Затем пробы разрезали на мелкие кусочки и сушили в сушильном шкафу при температуре 60 °С. Высушенные пробы измельчали в фарфоровой ступке и пропускали через сито. Из этих измельченных проб готовили навески по 100 мг для облучения на реакторе.

Результаты и обсуждение. Объекты исследования были разбиты на группы:

Овощи; Фрукты; Сухофрукты; Цитрусовые; Ягоды; Орехи; Семена; Салатные травы; Лекарственные травы и сборы; Чай; Средства народной медицины; Некоторые продукты питания.

Проведены количественные анализы растительных проб на вышеуказанные элементы. В целом проанализировано около 200 наименований растений и плодовоовощных продуктов, а с учетом анализа различных частей растений – около 400 проб, или

16 000 элемент определений. Для упрощения понимания названия растений приводятся не в латыни, а в обычно употребляемом виде.

Таблица 1

Ядерно-физические характеристики определяемых элементов [3]

№	Группа	Элемент	Образующийся радионуклид	Предел обнаружения, мг/кг (%)
1	Короткоживущие нуклиды	Mg	Mg-27	100 (10 ⁻²)
2		Cl	Cl-38	10 (10 ⁻³)
3		I	I-128	0.1(10 ⁻⁵)
4		Mn	Mn-56	1(10 ⁻⁴)
5		Cu	Cu-64	1(10 ⁻⁴)
6		Na	Na-24	1(10 ⁻⁴)
7		K	K-42	10(10 ⁻³)
8	Среднеживущие нуклиды	Ca	Ca-47→Sc-47	100(10 ⁻²)
9		Sm	Sm-153	0.0001(10 ⁻⁸)
10		Mo	Mo-99	0.1(10 ⁻⁵)
11		Lu	Lu-177	0.001(10 ⁻⁷)
12		U	U-239→Np-239	0.1(10 ⁻⁵)
13		Yb	Yb-175	0.01(10 ⁻⁶)
		Yb	Yb-169	0.01(10 ⁻⁶)
14	Долгоживущие нуклиды	Au	Au-198	0.0001(10 ⁻⁸)
15		As	As-76	0.01(10 ⁻⁶)
16		Nd	Nd-147	~0.1(10 ⁻⁵)
17		Br	Br-82	0.01(10 ⁻⁶)
18		La	La-140	0.001(10 ⁻⁷)
19		Cd	Cd-115	0.1(10 ⁻⁵)
20		Ce	Ce-141	0.01(10 ⁻⁶)
21		Se	Se-75	0.01(10 ⁻⁶)
22		Hg	Hg-203	0.001(10 ⁻⁷)
23		Tb	Tb-160	0.001(10 ⁻⁷)
24		Th	Th-233→Pa-233	0.001(10 ⁻⁷)
25		Cr	Cr-51	0.01(10 ⁻⁶)
26		Hf	Hf-181	0.001(10 ⁻⁷)
27		Ba	Ba-131	1(10 ⁻⁴)
28		Sr	Sr-85	1(10 ⁻⁴)
29		Ag	Ag-110m	0.001(10 ⁻⁷)
30		Ni	(n,p) Co-58	1(10 ⁻⁴)
31		Cs	Cs-134	0.001(10 ⁻⁷)
32		Sc	Sc-46	0.0001(10 ⁻⁸)
33		Rb	Rb-86	0.1(10 ⁻⁵)
34		Fe	Fe-59	1(10 ⁻⁴)
35		Zn	Zn-65	0.1(10 ⁻⁵)
36		Co	Co-60	0.001(10 ⁻⁷)
37		Ta	Ta-182	0.001(10 ⁻⁷)
38	Eu	Eu-152	0.001(10 ⁻⁷)	
39	Sb	Sb-124	0.001(10 ⁻⁷)	

В качестве иллюстративного материала ниже приводятся:

I. Распределение некоторых элементов в зависимости от сорта продукта (рис. 1), места прорастания (рис. 2), а также распределение по частям растений (рис. 3).

II. Диаграммы содержаний некоторых жизненно важных элементов в исследованных пробах (рис. 4).

III. Максимальные содержания некоторых жизненно важных элементов в исследованных пробах (рис. 5).

IV. Максимальные содержания некоторых токсичных элементов в исследованных пробах (рис. б).

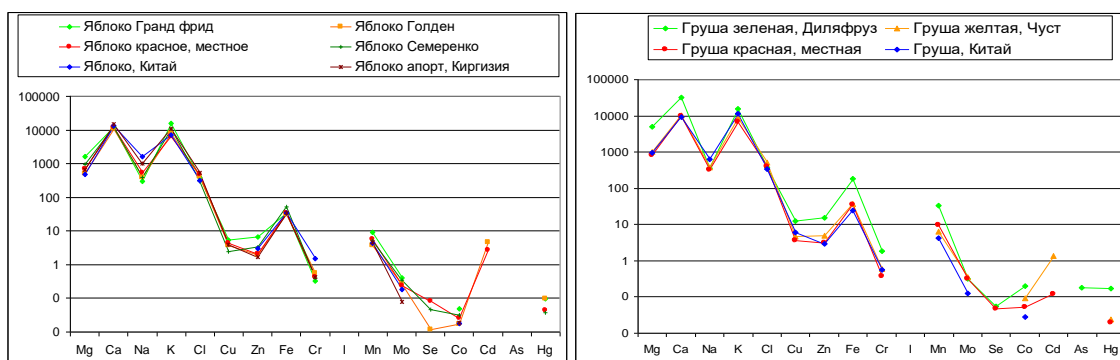


Рис. 1. Распределение элементов в зависимости от сорта продукта

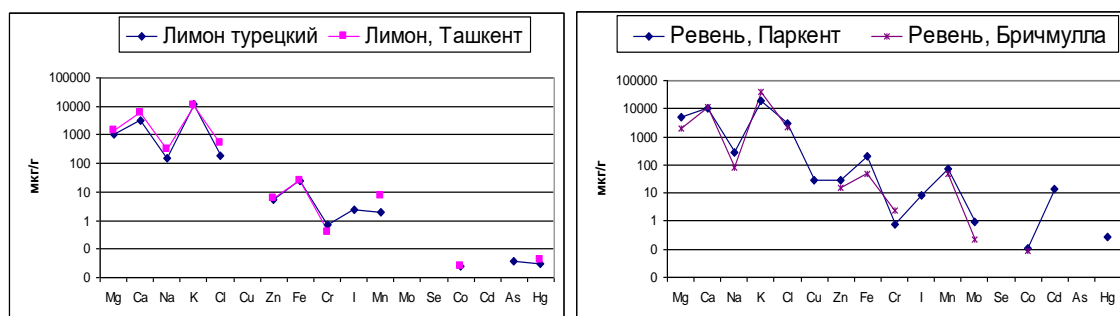


Рис. 2. Распределение элементов в зависимости от места произрастания продукта

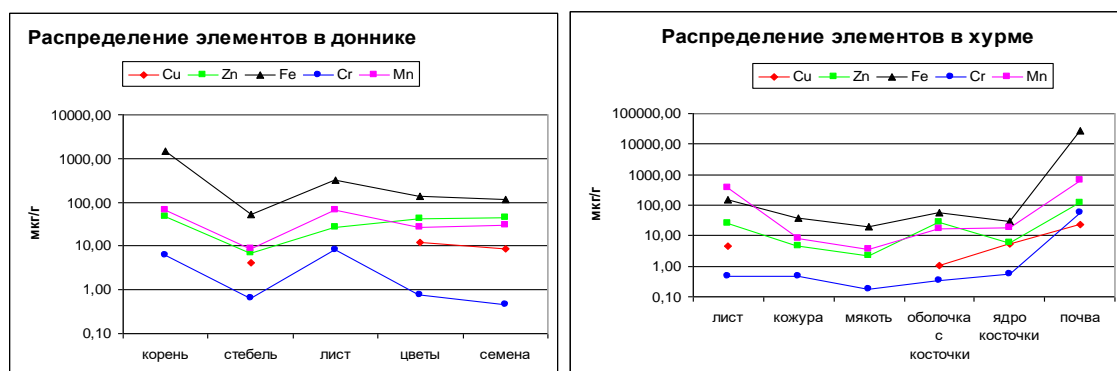


Рис. 3. Распределение по частям растений

Повторяемость хода кривых распределений. Относительная близость точек и повторяемость хода кривых распределений в зависимости от сорта продуктов и места прорастания являются свидетельством точности и надежности метода анализа. Наблюдаемый же разброс точек объясняется некоторой разницей элементного состава по сортам и отличием элементного состава почв.

Коэффициенты биологического поглощения. Для хурмы были рассчитаны коэффициенты биологического поглощения (КБП) – отношения концентрации элемента в растительном материале к концентрации его в почве (Таблица 2). Если значение КБП элемента выше единицы, то данные части растения рассматриваются как концентраторы данного элемента.

Т.о., почти все составные части хурмы можно считать концентраторами кальция, а мякоть и кожуру – концентраторами калия.

Заключение. Разработана новая высокочувствительная нейтроно-активационная методика анализа растительных проб с определением в одной пробе до 40 химических элементов. Проведен анализ более 200 наименований продуктов растительного

происхождения. Определены растения с наибольшими содержаниями жизненно важных элементов, которые могут быть рекомендованы в качестве корректирующих в диетологии при различных микроэлементозах.

Получен большой массив новой аналитической информации, существенно пополняющий банк научных данных по элементному составу растительных проб. Институт ядерной физики АН РУз готов рассмотреть вопрос о целесообразности использования данной методики анализа для проведения совместных работ, в том числе, выполнения совместных научных проектов по фундаментальным и прикладным исследованиям.

Таблица 2

Коэффициенты биологического поглощения в частях хурмы

КБП	Mg	Ca	Na	K	Cu	Zn	Fe	Cr	Mn	Mo	Co	As
лист	0.44	7.25	0.09	0.77	0.19	0.22	0.01	0.01	0.57	0.15	0.01	0.02
ядро	0.09	1.09	0.11	0.83	0.23	0.05	0.01	0.01	0.03	0.14	0.01	0.01
кожура	0.07	1.11	0.12	1.94	0.01	0.04	0.01	0.01	0.01	0.15	0.01	0.01
мякоть	0.04	0.75	0.11	1.95	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.06	0.01	0.01

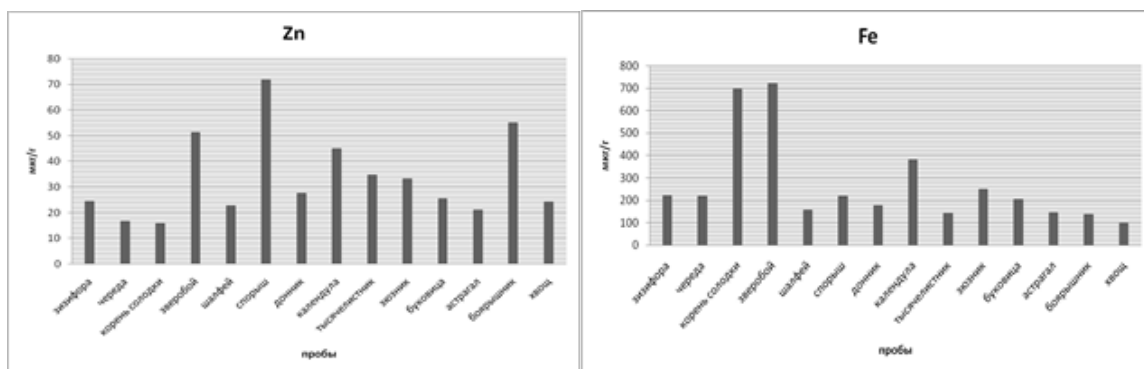


Рис. 4. Диаграммы содержаний некоторых жизненно важных элементов в исследованных пробах

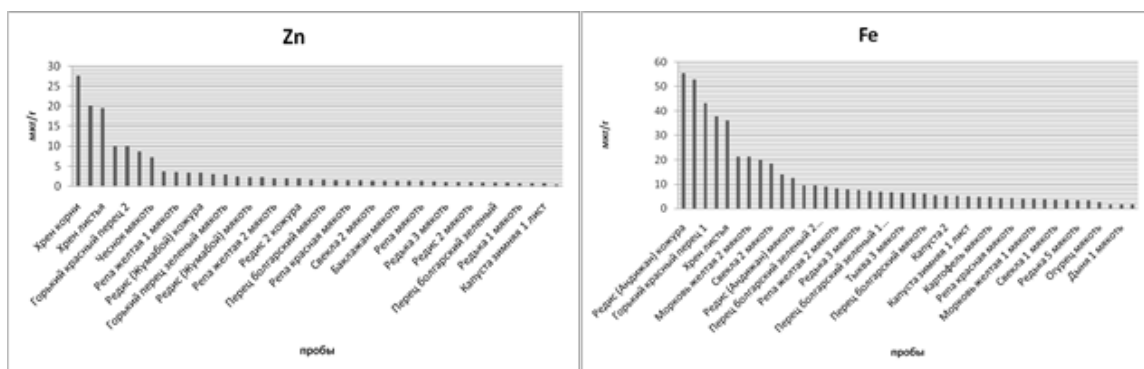


Рис. 5. Максимальные содержания некоторых жизненно важных элементов в исследованных пробах

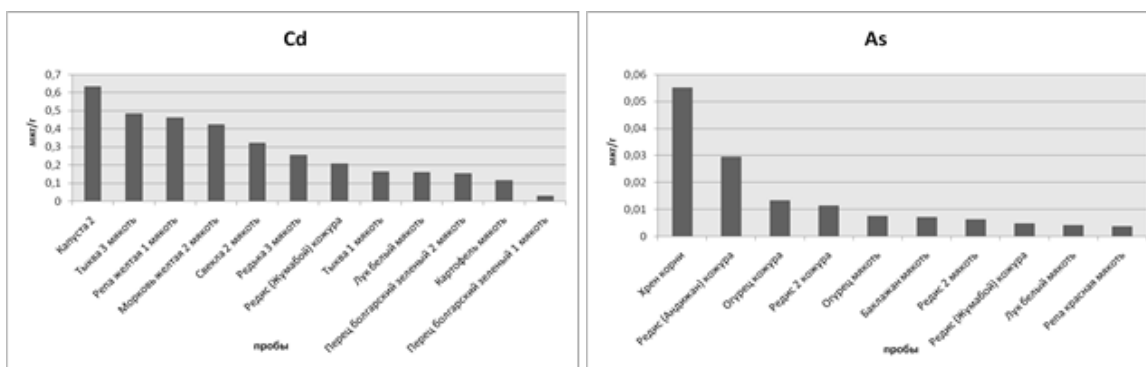


Рис. 6. Максимальные содержания некоторых токсичных элементов в исследованных пробах.

Эта работа была выполнена в рамках ГНТП Академии Наук Республики Узбекистан, грант № ФА-А7-Ф057.

Список литературы:

1. J. Of Trace Elements in Experimental Medicine, Trace Elements and Electrolytes in Health and Disease и Trace Elements in Medicine
2. Bakiev S. A. Peculiarities of the distribution of some elements in vegetation samples / S. A. Bakiev, J. Rakhmanov, Z. M. Khakimov, S. Turaev // Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry. -2007.-Vol. 272, No.2.-P.281–284.
3. Меднис И.В. Справочные таблицы для нейтронно-активационного анализа / Меднис. В.И. / Рига, Зинатне, 1976.
4. Меднис И.В. Гамма – излучение радионуклидов, применяемых в нейтронно - активационном анализе. [Справочник] / Меднис. В.И. / Рига, Зинатне, 1987.
5. Маслов И.А. Справочник по нейтронному активационному анализу. / Маслов А.И. Лукницкий А.В. / Ленинград, 1977.

STUDY OF THE CONTENTS OF LIFE IMPORTANT AND SOME TOXIC ELEMENTS IN PLANTS, FRUITS, VEGETABLES AND MEDICINAL HERBS

Ya.A. Akhmedov, B.K. Kuldjanov, S.A. Bakiev, E.A. Danilova, B.I. Kurbanov

Institute of Nuclear Physics, AS RUz, Tashkent, 100214, Uzbekistan,

e-mail: yakhub@inp.uz

Abstract

Many diseases are associated with insufficient intake and contents in human body of certain macro and microelements. These microelements are involved in all biochemical processes, affect growth and development, respiration, blood formation, and immunogenesis. An excess or deficiency of one of microelement leads to certain diseases and pathological conditions, which are explained by a disbalance of content of elements in the body. This often causes the total disbalance of mineral metabolism.

Food is the main intake source of microelements in the human body. Therefore, study of the content of elements in food, as well as in medicinal herbs and herbal collections used for treatment of various microelement diseases, is of particular interest. In the literature, there is a lot of data on the elemental content of food products, obtained by methods of neutron activation analysis. However, most of the work was done before the advent of gamma radiation semiconductor detectors with high resolution.

The use of technology based on detectors from high-purity germanium with high (1.8 keV) resolution significantly improved the capabilities of analytical work. It was shown that radioactive lines of 35–40 chemical elements appear in plant samples. This predetermined the expediency of developing an appropriate analytical methodology and carrying out multi-elemental analysis of a wide range of foods products of plant origin, as well as medicinal herbs growing on the territory of Uzbekistan.

A new highly sensitive neutron activation method for analyzing plant samples with the determination of up to 40 chemical elements in one sample has been developed. The concentrations of these elements were determined for more than 200 plants/plant parts. Distribution of vital elements versus type, growing site and different parts of plants were obtained. The samples with increased and reduced contents of the 14 vital as well as 3 toxic macro- and microelements were defined. Plants with the highest contents of vital elements can be recommended as corrective in dietology with various microelementoses. A large array of new analytical information was obtained, which substantially supplements the scientific data bank on the elemental content of plant samples.

ИЗВЛЕЧЕНИЕ ЗОЛОТА ИЗ РАСТВОРОВ «ПРУДКА» ХВОСТОВЫХ ОТХОДОВ ГИДРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ЗАВОДА

У.Т. Ашрапов¹, А.М. Музафаров²

¹Институт ядерной физики Академии наук, г. Ташкент, 100214,
Республика Узбекистан, e-mail: ashrapov@inp.uz

²ГП «Навоийский горно-металлургический комбинат», г. Навои, 210100,
Республика Узбекистан, e-mail: mustafojev.dilshod@mail.ru

Основной проблемой переработки хвостовых отходов хвостохранилищ гидрометаллургических заводов является низкое извлечение труднообогатимого золота.

Разработка простой и эффективной технологии извлечения золота из жидких отходов хвостохранилищ золотодобывающей отрасли является актуальной задачей.

В ИЯФ АН РУз были проведены исследования по изучению сорбции золота на ионообменных смолах АМ-2Б и ВП-III из растворов «прудка» хвостовых отходов Маржанбулакской ЗИФ и ГМЗ-2.

Целью работы была разработка дешевого и доступного способа извлечения золота из щелочных жидких хвостовых отходов гидрометаллургических заводов с достижением количественной сорбции золота ($\geq 90\%$) на ионообменной смоле АМ-2Б при наличии в растворе «хвостовых» отходов примесей неблагородных, щелочных и щелочноземельных металлов.

Нейтронно-активационный анализ щелочных растворов «прудка» хвостохранилищ Маржанбулакской ЗИФ и ГМЗ-2 показал, что в них в основном содержатся неблагородные, щелочные и щелочноземельные металлы Ag, Ni, Cu, Co, Zn, Mg, Ca, K, Na с суммарной, концентрацией более 700 мг/л, тогда как содержание золота составляет $\leq 0,05$ мг/л (Таблица 1).

Таблица 1

Содержание золота и неблагородных, щелочных, щелочноземельных металлов в растворе «прудка» хвостохранилища ГМЗ-2.

Раствор «прудка»	Содержание, мг/л									
	Au	Ag	Ni	Cu	Co	Zn	Mg	Na	K	Ca
1	0,05	0,15	1,50	0,80	0,50	0,60	0,8	225	370	136
2	0,04	0,12	1,60	0,65	0,55	0,40	0,7	220	380	122
3	0,05	0,13	1,70	0,75	0,65	0,50	0,7	230	360	130

Из таблицы 1 видно, что в «хвостовых» жидких отходах концентрация примесей щелочных и щелочноземельных металлов в сумме превосходят концентрацию золота $1,4 \cdot 10^3$ раза.

В щелочных растворах «хвостовых» жидких отходах с $pH=8\div 9$ золото и примеси неблагородных, щелочных и щелочноземельных металлов находятся в виде цианитных комплексных соединений.

Результаты динамической сорбции золота из щелочных растворов хвостовых отходов с $pH=8\div 9$ показали, что на анионите АМ-2Б массой 1,0 г сорбируется всего 0,06 мг золота, что связано с тем, что все примеси цианитных комплексных соединений неблагородных, щелочных и щелочноземельных металлов хорошо сорбируются на анионите АМ-2Б, и тем самым снижается эффективность сорбции анионного цианистого комплексного соединения золота на анионите АМ-2Б.

Исследования показали, что при подкислении щелочных растворов «хвостовых» отходов концентрированной серной кислотой цианистые комплексные соединения примесей металлов полностью или частично разрушаются, с образованием катионов металлов, которые на анионите АМ-2Б не сорбируются или сорбируются частично.

Исходные щелочные растворы хвостовых отходов с $pH=8,4-8,6$ подкисляли концентрированной серной кислотой до $pH=3,3-3,5$. Затем подкисленные растворы «хвостовых» отходов были сорбированы на 2,0 г анионита АМ-2Б (колонка №1) и 2,0 г анионита ВП-III (колонка №2) в динамическом режиме со скоростью 3,0 мл/мин. Через колонку №1 с анионитом АМ-2Б было пропущено 90 л раствора подкисленного раствора «хвостовых» отходов, а через сорбционную колонку №2 с анионитом ВП-III было пропущено 100 л подкисленного раствора «хвостовых» отходов.

Динамическая сорбция золота и неблагородных, щелочных, щелочноземельных металлов на анионитах АМ-2Б и ВП-III из подкисленных растворов «хвостовых» отходов показаны в таблице 2.

Таблица 2

Результаты динамической сорбции золота и неблагородных, щелочных, щелочноземельных металлов на ионообменной смоле АМ-2Б и ВП-III из подкисленных растворов «хвостовых» отходов

Анионит	Содержание металлов, мг/г					
	Au	Ag	Ni	Cu	Co	Zn
АМ-2Б	3,9	0,22	0,12	<0,05	3,2	0,78
ВП-III	1,5	0,08	0,12	<0,05	2,6	0,15

Из таблицы 2 видно, что из подкисленных растворов хвостовых отходов золото хорошо сорбируется на анионитах АМ-2Б и ВП-III: на 1 г анионите АМ-2Б сорбируется 3,9 мг золота, на 1 г анионите ВП-III сорбируется 1,5 мг золота, при этом емкость анионита АМ-2Б превышает емкость анионита ВП-III по золоту 2,6 раза. Из таблицы 2 видно, что анионит ВП-III полностью насытился по золоту и примесями неблагородных, щелочных, щелочноземельных металлов, тогда как анионит АМ-2Б насытился по золоту на ~70% от максимальной объемной емкости анионита АМ-2Б по золоту (5,61 мг/г) [1].

При подкислении растворов «хвостовых» отходов концентрированной серной кислотой, из цианистых комплексных анионов неблагородных, щелочных и щелочноземельных металлов образуются катионы сульфатных соединений (Ag_2SO_4 , $NiSO_4$, $CuSO_4$, $CoSO_4$, $ZnSO_4$), которые при $pH=3,3-3,5$ плохо сорбируются на анионитах АМ-2Б и ВП-III, за исключением $CoSO_4$, который сорбируется на анионитах АМ-2Б до 3,2 мг/г и ВП-III до 2,6 мг/г. В кислой среде при $pH=3,3-3,5$ цианистый комплексный анион $[Au(CN)_2]^{-1}$ не разрушается и происходит наиболее полная сорбция золота на анионите АМ-2Б (3,9 мг/г) (таблица 2).

На рисунке 1 показана технологическая схема установки по извлечению золота из растворов «прудка» хвостовых отходов.

Установка работает следующим образом: исходный щелочной ($pH=8,4-8,6$) раствор «прудка» (1) при помощи насоса (2) перекачивается в емкость (3), куда добавляется техническая концентрированная серная кислота из емкости (4) до получения подкисленного раствора с $pH=3,3-3,5$. Затем подкисленный раствор при помощи насоса (5) перекачивается в две сорбционные колонки (6) с анионитом АМ-2Б до полного насыщения анионита АМ-2Б золотом.

После насыщения золотом анионит АМ-2Б разгружают из сорбционной колонки и проводят регенерацию золота, очистку золота и восстановление золота до элементарного состояния по известной существующей технологии гидрометаллургического

завода: проводят регенерацию золота из анионита АМ-2Б раствором тиомочевины (9%) в серной кислоте (3%), осаждают раствором щелочи (NaOH) при pH=8-9, осадок отфильтровывают и прокаливают при температуре 800⁰С, затем золото растворяют в царской водке и методом электролизного восстановления получают элементарное золото.

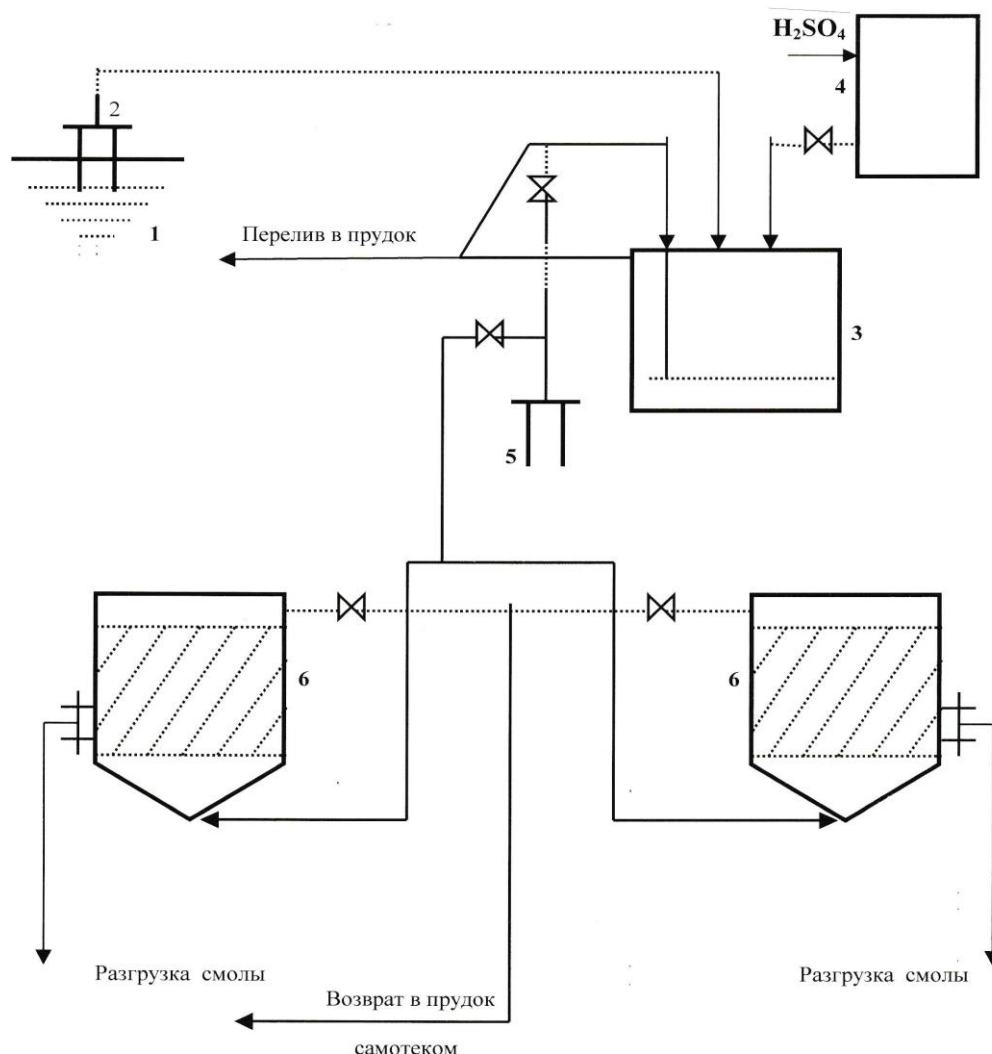


Рис. 1. Технологическая схема установки по извлечению золота из растворов «прудка» хвостовых отходов: 1 - «прудок» хвостохранилища; 2 - насос погружной; 3 - емкость для подкисления щелочного раствора «прудка»; 4 - емкость для конц. H₂SO₄, 5 - насос химически стойкий; 6 - сорбционные колонки с анионитом АМ-2Б.

Способ извлечения золота из растворов хвостовых отходов «прудка» [2] был опробован в Центральной заводской лаборатории ГМЗ-2 ГП «НГМК» и признан перспективным для внедрения в подразделениях ГП «НГМК».

При реализации технологии извлечения золота из растворов «прудка» хвостовых отходов в гидрометаллургических заводах обеспечивается уменьшение себестоимости готовой продукции и улучшение экологической безопасности.

Список литературы:

1. Акпаралиев Р.Р., Никаноров А.В. Опыт применения некоторых смол для сорбционного выщелачивания золота на золотоизвлекательной фабрике ООО «Соврудник». //Вестник ИрГТУ №10 (57) 2011. - С. 151.
2. Худайбергенов У., Ходиев Ю., Ашрапов У.Т. Способ извлечения золота из растворов // Патент Республики Узбекистан № IAP 04314. 2006.– 3 с.

**EXTRACTION OF GOLD FROM SOLUTIONS OF TAIL WASTE «POND»
OF HYDROMETALLURGICAL PLANT**

U.T. Ashrapov¹, A.M. Muzafarov²

¹Institute of Nuclear Physics of Academy Sciences. Tashkent, 100214.

Republic of Uzbekistan, e-mail: ashrapov@inp.uz

²State Company Navoi Mining & Metallurgical Combinat, Navoi, 210100,

Republic of Uzbekistan, e-mail: Mustafoyev.dilshod@mail.ru

Abstract

The technology of extraction of gold from solutions of tail waste «pond» of Marjanbulak gold extraction factory are presented. Results of dynamic sorption of gold on anionites AM-2B and VP-IP from acidified solutions of tail waste «pond» are presented. The technological flow chart of installation on extraction of gold from tail waste solutions is presented.

ГИДРОУДАРНЫЙ НАСОС

У.Т. Ашрапов¹, И.И. Садиков¹, И.У.Ибраимов², Ш.М. Хабибуллаев²

¹Институт ядерной физики Академии наук, Ташкент, 100214,
Республика Узбекистан, e-mail: ashrapov@inp.uz, ilkham@inp.uz

²Конструкторское Бюро с Опытным заводом при Институте ядерной физики
Академии наук, Ташкент, 100214, Республика Узбекистан, e-mail: skb@inp.uz

Гидроударный насос (гидротаран) используется для полива земель фермерских и частных хозяйств, огородов, садов, виноградников, расположенных в возвышенностях, где нет возможности полива земель электронасосами. Гидроударный насос служит для подачи воды на высоту из проточных водоисточников (арик, канал, ручей), имеющих уклон по руслу [1]. Работа гидроударного насоса основана на феномене гидравлического удара [2, 3].

В КБ с ОЗ при ИЯФ АН РУз был разработан гидроударный насос [4] имеющий простую и надежную конструкцию. Корпус гидроударного насоса изготовлен из б/у чугунной водопроводной задвижки, в качестве разгонной трубы и напорной трубы используются б/у металлические трубы (или пластмассовые трубы), воздушный аккумулятор изготовлен из б/у газового баллона (или б/у ресивер от автомашины «КАМАЗ») (рис.1).



Рис. 1. Гидроударный насос.

На рисунке 2 показана конструкционная схема гидроударного насоса.

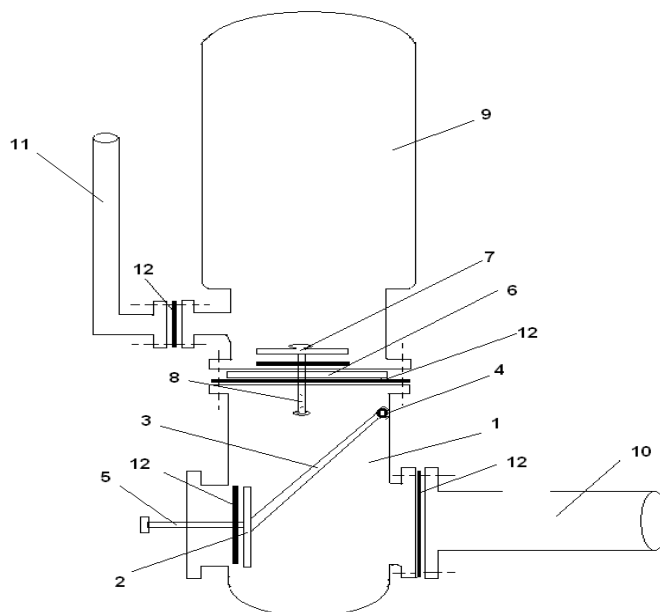


Рис. 2. Конструкционная схема гидроударного насоса:

1 – корпус, 2 – разгонный клапан, 3 – металлическая подвеска, 4 – коромысло, 5 – регулировочный винт, 6 – металлическая диафрагма, 7 – обратный клапан, 8 – направляющий шток, 9 – воздушный аккумулятор, 10 – разгонная труба, 11 – напорная труба, 12 – резиновые прокладки.

Гидроударный насос работает следующим образом: из источника воды через разгонную трубу (10) вода под давлением попадает во внутрь корпуса (1). С увеличением давления воды закрывается разгонный клапан (2) и в корпусе возникает гидравлический удар. При этом открывается обратный клапан (7), в результате чего вода попадает в воздушный компенсатор (9) под давлением. С увеличением давления воды, воздух в воздушном аккумуляторе сжимается до 3,0 атм, затем при уравнивании давления воды в воздушном аккумуляторе и в корпусе насоса, обратный клапан (7) закрывается и вода под давлением попадает в напорную трубу (11). При этом разгонный клапан (2) под собственным весом опускается в нижнее положение и открывается выходное отверстие корпуса следствии этого лишняя часть воды, имеющийся внутри корпуса гидроударного насоса стекает наружу. Этот процесс циклический и повторяется за счет потенциальной энергии воды, текущей по ручью.

Корпус гидроударного насоса состоит из обычной водопроводной задвижки (Ду-150) с диаметром прохода 150 мм. Разгонная труба ($L \geq 20\text{м}$ и $\varnothing = 75 \div 100\text{мм}$) соединяется к корпусу муфтой, болтами, гайками. Разгонный клапан в форме диска ($h = 6\text{ мм}$, $\varnothing = 96\text{ мм}$) служит для регулирования объема воды, которая подается в воздушный аккумулятор. Регулировочный винт в форме шпильки ($L = 170\text{ мм}$, $\varnothing = 12\text{ мм}$) закрепляется при помощи резьбы в центре регулировочного винта (рис. 2). Бесперебойная работа гидроударного насоса обеспечивается регулировкой хода разгонного клапана при помощи регулировочного винта, которая обеспечивает оптимальное условие для непрерывной работы гидроударного насоса, т.к. воздух не растворяется в воздушном компенсаторе и не требуется периодического слива воды из компенсатора.

Разгонный клапан подвешивается на металлическую подвеску, состоящую из вилки ($L = 142\text{ мм}$, $\varnothing = 6\text{ мм}$) и коромысло ($L = 144\text{ мм}$, $\varnothing = 12\text{ мм}$), которое устанавливается на посадочное место на внутренней поверхности стенки корпуса в виде двух углублений с шириной паза 13 мм и глубиной 18 мм, где располагается металлическая ось с подвеской разгонного клапана (рис. 3). Обратный клапан в форме диска ($h = 6\text{ мм}$, $\varnothing = 65\text{ мм}$) имеет направляющий шток в виде шпильки ($L = 170\text{ мм}$, $\varnothing = 12\text{ мм}$), которая размещается в центре металлической диафрагмы. Металлическая диа-

фрагма ($h=6$ мм) расположена между корпусом и воздушным аккумулятором. Воздушный аккумулятор ($h=800$ мм, $\varnothing=190$ мм) имеет на дне сваренную металлическую трубу ($h=170$ мм, $\varnothing=82$ мм) которая соединяется с напорной трубой ($L=15$ м, $\varnothing=40$ мм). Резиновые прокладки средней жесткости (толщина-4 мм) служат для герметизации разгонной трубы, разгонного клапана, обратного клапана, напорной трубы и воздушного аккумулятора.

На рисунке 3 показана конструкционная схема гидроударного насоса в разрезе (вид сбоку).

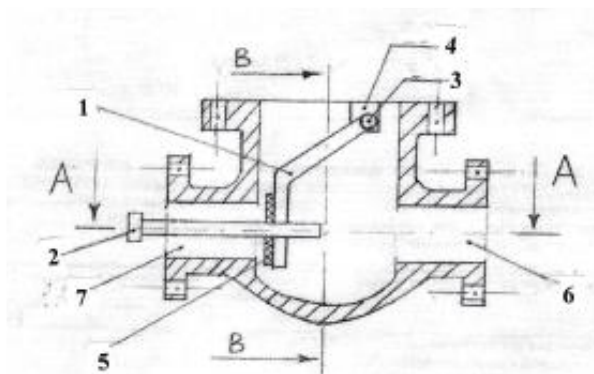


Рис. 3. Конструкционная схема гидроударного насоса в разрезе (вид сбоку):

1 – разгонный клапан; 2 – регулировочный винт; 3 – коромысло; 4 – посадочное место;
5 – резиновая прокладка; 6 – входное отверстие корпуса; 7 – выходное отверстие корпуса.

На рисунке 4 показана конструкционная схема гидроударного насоса в разрезе (вид сверху).

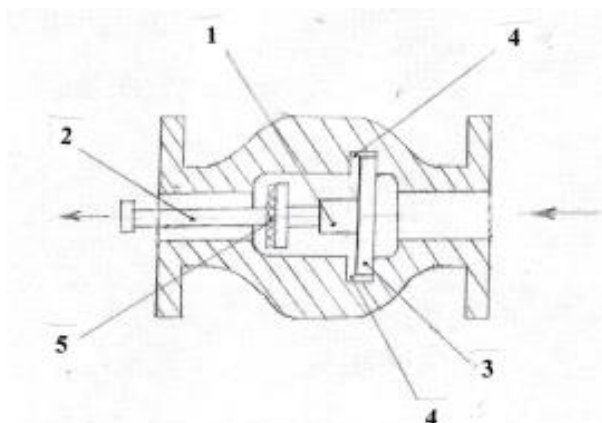


Рис. 4. Конструкционная схема гидроударного насоса в разрезе (вид сверху):

1 – разгонный клапан; 2 – регулировочный винт; 3 – коромысло;
4 – посадочное место; 5 – резиновая прокладка.

Из рисунка 4 видно, что сверху корпуса (6) имеются два симметричных посадочных места (углублений) длиной 13 мм и глубиной 18 мм. На посадочное место помещено коромысло ($L=144$ мм и $\varnothing=6$ мм). На коромысло прикреплена электродуговой сваркой металлическая подвеска разгонного клапана (1).

Технические характеристики гидроударного насоса приведены в таблице 1.

Для обеспечения нормальной работы гидроударного насоса источник воды должен иметь уклон по руслу (подпор) не менее 0,7 м. Источником воды может быть арык, ручей, канал со спокойным течением с шириной 0,5-1,0 м и глубиной $\geq 0,3$ м.

Технические характеристики гидроударного насоса

Длина разгонной трубы, м	Диаметр разгонной трубы, мм	Подпор воды, м	Производительность, л / час	Производительность, л /сутки	Высота напора воды, м
≥20	75÷100	0,7	1000	24 000	15

В настоящее время отдельные образцы гидроударного насоса используются для полива земель в частных приусадебных и фермерских хозяйствах Ташкентской области.

Список литературы:

1. Д.А. Дуюнов. Тарань ее, таран! - Конструктор. -2002. - №5. - С.17-19.
2. Жуковский Н.Е. О гидравлическом ударе в водопроводных трубах. - М.: Гостехиздат, -1949. - 103 с.
3. М.Я. Кордон, В.И. Симакин, И.Д. Горешник. Гидравлика: Учебное пособие для вузов. - Пенза. - 2005. - С.102-111.
4. Ашрапов У.Т., Герасимов В.Ю., Эргашев Х.А. / Патент Республики Узбекистан №IAP 04215. Гидроударный насос. - 2006. - 3с.
5. Ашрапов У.Т., Герасимов В.Ю., Эргашев Х.А. Перспективные изобретения и полезные модели Республики Узбекистан. / Государственное Патентное Ведомство РУз. г. Ташкент. – 2011 г. -Т. № 2, - С. 88.

THE HYDROSHOCK PUMP

U.T. Ashrapov¹, I.I. Sadikov¹, I.U. Ibraimov², Sh.M. Khabibullaev²

¹*Institute of Nuclear Physics of Academy Sciences. Tashkent, 100214. Republic of Uzbekistan, e-mail: ashrapov@inp.uz, ilkham@inp.uz*

²*Design Office with Experimental Plant at the Institute of Nuclear Physics of Academy Sciences, Tashkent, 100214, Republic of Uzbekistan, e-mail: skb@inp.uz*

Abstract

In paper the manufacturing technology of the hydroshock pump new construction is presented. The constructional schemes and technical characteristics of the hydroshock pump are presented.

РАСЧЕТ АККУМУЛЯТОРА ЭНЕРГИИ С ФАЗОВЫМ ПЕРЕХОДОМ

Б.Д. Бабаев

ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный университет»,
г. Махачкала, 367018, РФ, e-mail: bdbabaev@yandex.ru

В современных условиях большой экологической нагрузки на Землю в области энергетики основными задачами являются повышение эффективности использования энергетических ресурсов, а также внедрение энергоустановок на основе возобновляемых источников [1, 2].

Для повышения эффективности использования возобновляемых источников энергии, аккумулирующей способности и обеспечения регулирования теплового режима предлагается использовать аккумулятор тепла с фазопереходным теплоаккумулирующим материалом (ФТАМ) [1, 3, 4].

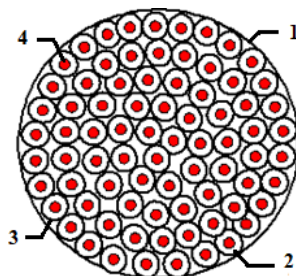


Рис. 1. Поперечный разрез теплового аккумулятора с фазопереходным теплоаккумулирующим материалом: 1 – корпус; 2 – рабочее вещество (ФТАМ); 3 – вертикальные трубки; 4 – межтрубное пространство для прохождения теплоносителя.

Аккумулятор теплоты с фазопереходным материалом [3] содержит корпус 1 (на рис. 1 показан поперечный разрез по баку-аккумулятору с ФТАМ), рабочее вещество (ФТАМ) 2 заполняющее вертикальные трубки 3, которые крепятся ко дну и промежуточной крышке. Снизу трубки закрыты, а сверху открыты для объемного расширения ФТАМ в свободную полость-камеру под герметичной крышкой. К корпусу бака-аккумулятора привариваются патрубки подвода и отвода теплоносителя, который проходит через межтрубное пространство 4.

Количество накапливаемого аккумулятором тепла с ФТАМ при нагреве материала от температуры t_0 до t_k , температуры плавления $t_{пл}$ можно найти по формуле

$$W_{ak} = m \left[c_{ak}^T (t_{пл} - t_0) + \Delta H + c_{ak}^{жс} (t_k - t_{пл}) \right], \quad (1)$$

где m – масса ФТАМ, кг; ΔH – энтальпия фазового перехода, кДж/кг; c_{ak}^T и $c_{ak}^{жс}$ – теплоёмкость ФТАМ в твёрдом и жидком состояниях, соответственно, кДж/(кг⁰С).

Масса ФТАМ для аккумулирования энергии потребляемого потребителем в течение t часов Q определяется по формуле:

$$m = \frac{Q}{c_{ak}^T (t_{пл} - t_0) + \Delta H + c_{ak}^{жс} (t_k - t_{пл})} \quad (2)$$

Объем ФТАМ V :

$$V = \frac{m}{\rho}, \quad (3)$$

где ρ – плотность ФТАМ в твёрдом состоянии.

Процесс фазового перехода происходит по направлению от источника тепла в виде прослойки твердой и жидкой фазы. Фазовые переходы сопровождаются не только кондуктивным, но и конвективным теплообменом.

Расчет аккумуляторов тепла с фазовыми переходами затруднен в связи с тем, что термодинамические параметры, изменяющиеся при фазовых переходах для многих составов не определены, а теоретических методов расчетов нет.

Для снижения погрешности расчета размеры зоны фазового перехода в предлагаемом аккумуляторе с ФТАМ [3] сведены к минимуму, так как интенсивность поглощения (выделения) теплоты в зоне фазового превращения превышает подвод (отвод) теплоты из нее за счет теплопроводности, а точнее квазикондуктивности в жидком (твердом) состояниях.

Градиент температур в новой фазе зависит от вида распределения температур, определяемого геометрией слоя ФТАМ. В цилиндрическом слое принято логарифмическое распределение [4]. Градиент температур в новой фазе может быть принят равным градиенту температур при стационарной теплопроводности.

Площадь границы фазового перехода можно определить по формуле

$$F = 2\pi RLn, \quad (4)$$

где R, L – текущее значение радиуса и длина цилиндрического слоя;

n – число трубок 3 в баке-аккумуляторе (см. рис. 1).

При решении цилиндрической задачи, получаем третью координату δ – толщину цилиндрического слоя новой фазы.

$$\delta = \frac{V}{F} \quad (5)$$

Скорость передвижения границы фазового перехода ω для различных площадей границы фазового перехода:

$$\omega = \frac{\delta}{t}, \quad (6)$$

где t – время передвижения границ фазового перехода до конца.

Тепловой поток при фазовом переходе на границе раздела фаз в цилиндрическом слое может быть определен по формуле [4].

$$Q_{\phi} = 2\pi RL\Delta H\rho_1 \frac{dR}{d\tau}, \quad (7)$$

где $dR/d\tau$ – скорость продвижения новой фазы в радиальном направлении;

ρ_1 – плотность ФТАМ в жидком состоянии.

Тепловой поток в новую фазу

$$Q_1 \approx 2\pi\lambda_1 L \frac{\Delta t}{\ln \frac{R_2}{R_1}}, \quad (8)$$

где R_1, R_2 – соответственно начальное и конечное значение радиус-вектора цилиндрического слоя в трубке 3; λ_1 – коэффициент теплопроводности ФТАМ в жидком состоянии; Δt – перепад температур.

Приравнивая правые части уравнений (7) и (8), разделяя переменные и интегрируя в пределах толщины новой фазы [4]

$$\ln \frac{R_2}{R_1} \int_{R_1}^{R_2} R dR = \frac{\lambda_1}{\Delta H\rho_1} \Delta t \int_0^{\tau} d\tau, \quad (9)$$

получаем

$$R_2^2 - R_1^2 = \frac{2\lambda_1 \Delta t \tau}{\ln \frac{R_2}{R_1}}, \quad (10)$$

где τ – время фазового перехода.

Учитывая, что толщина слоя $\delta_{ii} = R_2 - R_1$, разность квадратов радиус-векторов $R_2^2 - R_1^2 = (R_2 + R_1)(R_2 - R_1)$, а также вводя относительную толщину цилиндрического

слоя $\Delta_{II} = \frac{\delta_{II}}{R_I}$ определяем толщину цилиндрического слоя новой фазы [4]:

$$\delta_{II} = \sqrt{\frac{2\lambda_I \Delta t \tau}{\Delta H \rho_I \left(1 + \frac{2}{\Delta_{II}}\right) \ln(1 + \Delta_{II})}}, \quad (11)$$

Из формулы (11) может быть выражено время образования новой фазы в зависимости от толщины слоя новой фазы, разности температур и теплофизических свойств ФТАМ

$$\tau_{II} = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{2}{\Delta_{II}}\right) \ln(1 + \Delta_{II}) \frac{\Delta H \rho_I \delta_{II}^2}{\lambda_I \Delta t}, \quad (12)$$

Скорость передвижения границы фазового перехода обратно из жидкого состояния в зависимости от времени разряда находится по формуле:

$$\omega(t) = \omega \frac{\rho \Delta H}{K_d (t_{nl} - t_o)}, \quad (13)$$

где K_d – коэффициент теплоотдачи от ФТАМ к теплоносителю в межтрубном пространстве.

Коэффициент теплопередачи $N(t)$ можно определить по формуле:

$$N(t) = \frac{t_k - t_o}{(t_{nl} - t_o) \omega(t) \eta}, \quad (14)$$

Расход теплоносителя μ через межтрубное пространство в баке-аккумуляторе для обеспечения потребителя необходимым количеством теплоты на протяжении заданного времени t определяется по формуле:

$$\mu = \frac{K_d F}{N(t) c}, \quad (15)$$

где c – теплоемкость теплоносителя в межтрубном пространстве бака-аккумулятора.

Таким образом, как видно из приведенного выше, расчет аккумулятора теплоты с фазопереходным материалом затруднен в связи с отсутствием термодинамических параметров материалов аккумуляирования при их фазовых переходах.

Список литературы:

1. Бекман Г. Гилли П. Тепловое аккумуляирование энергии: Пер. с англ.: М.: Мир, 1987. 272 с.
2. Амерханов Р.А. Оптимизация сельскохозяйственных энергетических установок с использованием возобновляемых видов энергии. М.: Колосс, 2003. 532 с
3. Патент № 2547680, РФ, МПК F24H 7/00, F24J 2/04. Аккумулятор теплоты с фазопереходным материалом / Б. Д. Бабаев (РФ). - № 2013152593/06; Заяв. 26.11.2013. Оpubл. 10.04.15, Бюл. № 10.
4. Шишкин Н. Д. Комбинирование и эффективное использование источников тепловой энергии в автономных теплоэнергетических комплексах: включая возобновляемые источники. Дис. ... д-ра техн. наук 01.04.14. - М.: РГБ, 2005, 312 с.

THE CALCULATION OF ENERGY STORAGE WITH PHASE CHANGE

B.D. Babaev

Dagestan State University, Makhachkala, 367018, Russia,

e-mail: bdbabaev@yandex.ru

Abstract

The paper presents the analysis attempts and principles of calculations of heat accumulators with phase-transfer heat-accumulating materials. It is shown that such calculations are difficult due to the lack of experimental data or laws by which the thermodynamic parameters of materials change during phase transitions.

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ КОМФОРТНОСТИ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

Н.В. Бакаева¹, Л.В. Чайковская²

ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет»,

г. Курск, Курская область, 305040, Россия,

e-mail: ¹natbak@mail.ru, ²lili-zubkova@mail.ru

Хищническое отношение человека к Природе привело к необратимым изменениям параметров окружающей среды, вследствие чего участились случаи возникновения явлений, не характерных для тех или иных территорий ранее: с 1970 года число стихийных бедствий во всем мире увеличилось более чем в четыре раза [1]. Подобные факты можно считать «ответной реакцией» Природы на негативные и необдуманные действия человечества. В свою очередь, постоянно ухудшающееся состояние Природы приводит к снижению качества условий существования самого человека. Данные факты обозначают проблему формирования комфортной среды существования, прежде всего, на территориях современных поселений, где проживает большая часть населения [2].

Строго установленное определение «комфортная городская среда», а также параметры оценки комфортности, в настоящий момент не обозначены: некоторые исследователи [3-5] под комфортностью городской среды понимают естественную чистоту воздуха, воды, почвенно-растительного слоя, наличие благоприятного уровня шума, вибраций и электромагнитных воздействий; мультифункциональность, повышение климатического комфорта и т.п. Однако большинство из определений отражают совокупность составляющих, относящихся к определённой сфере, и не являются комплексными.

Наиболее полное определение комфортности городской среды дается Российской академией архитектуры и строительных наук (РААСН), которая в составляющие комфортности включает экологический комфорт, функциональную и пространственную достаточность, пространственно-временную доступность жизненно необходимых и социально значимых объектов и связность территории, многообразие, структурную упорядоченность и образность пространственной среды [6].

Понимая под комфортной городской средой сложившиеся в определенный временной промежуток такие условия городской среды, при которых достигается гармоничное развитие человека в симбиозе с окружающей природной средой, и исходя из ранее осуществленных исследований [3-8], выявим составляющие комфортной городской среды с целью дальнейшей ее оценки на территории поселения.

В городе должны быть, прежде всего, Природа и население, которое имеет ряд потребностей, а значит, в городе должны быть места удовлетворения рациональных потребностей его жителей. Кроме того, числа мест удовлетворения потребностей должно быть достаточно для всех горожан, при этом городская среда не должна оказывать негативного психологического воздействия на своих жителей, а жители, в свою очередь, не должны пагубно использовать Природу.

Таким образом, комфортная городская среда должна в себя включать:

–**природную составляющую** (Кп), т.е. озелененность территории, количество выбросов/улавливание загрязняющих веществ в атмосферный воздух, объем используемой свежей/оборотной, повторно используемой воды, объем сточных вод, выбрасываемых в поверхностные водные объекты, уровень накопления отходов, количество загрязняющих веществ в продуктах питания и т.п.;

– **социально-экономическую составляющую** ($K_{СЭ}$) - социальные и экономические параметры общества, динамику численности и демографические характеристики населения, благосостояние граждан, кадровый потенциал и т.п.;

– **функциональную составляющую** ($K_{Ф}$) – наличие жилья, образовательных и спортивных учреждений и площадок, больниц, транспортной, инженерной инфраструктуры, гаражей и автостоянок, мест отдыха, развлекательных парков и т.п.;

– **составляющую доступности жизненно необходимых и социально значимых объектов городскому населению** ($K_{Д}$) – охват населения города имеющимися жилыми, оздоровительными, спортивными, транспортными объектами, необходимыми для удовлетворения рациональных потребностей;

– **составляющую многообразия, структурной упорядоченности и образности пространственной среды** ($K_{Общ}$) – степень однотипности застройки, количество ветхого и аварийного жилья, уровень благоустройства территории и т.п.

Человек является частью единого огромного организма – Природы [9]. Без природной составляющей нет возможности говорить о комфортности городской среды, а также о ее наличии. Исходя из этого, можно считать, что базовой составляющей комфортной городской среды должна являться природная составляющая ($K_{П}$) [2]. Предположим, что все составляющие комфортности взаимосвязаны между собой, и о комфортной городской среде можно говорить тогда, когда достигается баланс между всеми составляющими комфортности.

Построим концептуальную модель комфортности городской среды:

$$\begin{cases} \frac{\sum K_i}{n} = K_{П} \\ K_{П} \rightarrow \max, \end{cases} \quad (1)$$

где K_i - уровень комфортности i -той составляющей городской среды;

n – количество составляющих комфортности;

$K_{П}$ – уровень природного комфорта.

Фактически вероятность достижения указанного равенства мала, и возможны следующие ситуации:

$$\begin{cases} \frac{\sum K_i}{n} > K_{П} \\ K_{П} \rightarrow \max, \end{cases} \quad (2)$$

$$\begin{cases} \frac{\sum K_i}{n} < K_{П} \\ K_{П} \rightarrow \max, \end{cases} \quad (3)$$

Таким образом, на городской территории возможно установление одного из трех состояний, которые можно использовать в качестве критерия оценки комфортности городской среды: состояние сбалансированного комфорта $C1$, описываемого выражением (1); состояние губительного комфорта $C2$ в соответствии с выражением (2); состояние резервного комфорта $C3$ – выражение (3).

Идеальной является ситуация, когда реализованы все составляющие комфортной городской среды в достаточной степени при условии установления состояния биосферной совместимости (состояние $C1$).

Для случая, описываемого выражением (2), характерен высокий уровень социально-экономических показателей общества, оснащенности инфраструктурой, однако это приводит к увеличению нагрузки на окружающую природную среду, чрезмерному изъятию природных ресурсов, вбрасыванию в нее огромного количества отходов. Данное состояние городской среды является деградиционным с точки зрения воздействия на Природу и требует инновационных управленческих решений в области развития городской среды. В подобном случае возможны высокие социально-экономические показатели общества и кажущееся его процветание в большей ме-

ре за счет изъятия природных ресурсов. Антропогенная нагрузка высока, окружающая природная среда не способна к самовосстановлению.

Для состояния, описанного выражением (3), характерно превышение уровня природного комфорта над средним показателем уровня комфортности иных составляющих. В данном случае можно говорить о состоянии резервного комфорта городской среды. Это идеальное для дальнейшего развития состояние, которое следует максимально долго сохранять путем принятия адекватных управленческих решений, направленных на развитие городской среды.

Подводя итог, отметим, что комфортной можно считать городскую среду, обеспечивающую гармоничное существование и развитие человека. Современный город должен удовлетворять в полной мере не только биологические, но и социальные и духовные потребности. В настоящее время, к сожалению, большинство городов нельзя считать комфортными, поэтому процесс градостроительства целесообразно осуществлять на новой основе, с использованием принципов обеспечения безопасной и создания комфортной городской среды, которые должны закрепляться нормативно. Мероприятия по созданию комфортной городской среды должны проводиться на всех этапах строительства города, начиная с момента планирования его в целом, а также отдельных микрорайонов, до момента ввода в эксплуатацию вновь застроенных территорий.

Список литературы:

1. Доклад, посвященный современным экономическим рискам, представленный в нью-йоркской штаб-квартире ООН на сессии Экономического и Социального Совета ООН (ЭКОСОС) [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://ria.ru/amp/20080703/112849405.html>
2. Ильичев В.А. и др. Принципы преобразования города в биосферсовместимый и развивающий человека / Научная монография/В.А. Ильичев, С.Г. Емельянов, В.И. Колчунов, В.А. Гордон, Н.В. Бакаева. – М., Издательство АСВ, 2015. – 184 с.
3. Тетиор А.Н. Городская экология: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений [Текст] /А. Н. Тетиор - 2-е изд., стер. - М.: Издательский центр «Академия», 2007. - 336 с.
4. Тетиор А.Н. Урбоэкологическая концепция России в условиях кризисного развития мира [Текст] / А.Н. Тетиор // Жилищное строительство. – 2013. - № 1. – С. 13-16.
5. Погудина А.Л. Формирование комфортной городской среды [Текст] / Погудина А.Л. // НАУЧНЫЙ АЛЬМАНАХ. - 2016. - №5-3 (19). – С.146-148
6. Кузьмин, А.В. Качество жизни и качество пространственной среды - социальные стандарты и нормативы в градостроительстве, архитектуре, строительстве [Текст] / А.В. Кузьмин, Г.С. Юсин // Градостроительство. - 2011. - №4. - С. 16-19.
7. Сидоренко В.Ф. Комплексная экологическая оценка жилой застройки как фактор оптимизации среды жизнедеятельности [Текст] / В.Ф. Сидоренко // Экология урбанизированных территорий. – 2006. – № 1. – С. 42-49.
8. Каримов А.М. Градостроительный подход к развитию территорий как необходимое условие создания пространственных предпосылок для повышения качества жизни [Текст] / А.М. Каримов // Вестник ВолГАСУ. – 2013. - №31-1. – С. 92-99.
9. Ильичёв, В.А. Биосферная совместимость: Технологии внедрения инноваций. Города, развивающие человека [Текст] / В.А. Ильичёв. – Москва: Кн. дом «ЛИБРОКОМ», 2011. – 240 с.

THE CONCEPTUAL MODEL OF URBAN ENVIRONMENT COMFORTABILITY

N.V. Bakaeva¹, L.V. Chaikovskaya²

Southwest State University, Kursk, Kursk region, 305040, Russia,

e-mail: ¹natbak@mail.ru, ²lili-zubkova@mail.ru

Abstract

To sum up, we note that a comfortable urban environment can be considered, providing a harmonious existence and human development. The modern city must fully satisfy not only biological, but also social and spiritual needs. Currently, unfortunately, most cities can not be considered comfortable, so it is advisable to carry out the process of urban planning on a new basis, using the principles of safety and creating a comfortable urban environment, which should be fixed normally. Measures to create a comfortable urban environment should be carried out at all stages of the construction of the city, from the moment of its planning in the Central, as well as individual neighborhoods, until the commissioning of the newly built territories.

МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ ПОКОЛЕНИЙ НАСЕЛЕНИЯ ИЗ РЕГИОНОВ РАДИОНУКЛИДНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Л.С. Балева, А.Е. Сипягина, Н.М. Карахан, Н.И. Егорова

Обособленное структурное подразделение «Научно-исследовательский клинический институт педиатрии им. акад. Ю.Е. Вельтищева» Федерального Государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский Национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва, 125412, Россия, e-mail: baleva@pedklin.ru, asipyagina@pedklin.ru

Радиационная авария на Чернобыльской АЭС повлекла за собой серьезные экологические изменения, приведшие к эвакуации населения из зон отчуждения и отселения, к вынужденному проживанию граждан на радиоактивных территориях [1]. В настоящее время на загрязненных территориях РФ проживают дети II-го и III-го поколений от родителей, подвергшихся действию радиации в результате аварии на Чернобыльской АЭС. Минимизация радиационных последствий на организм человека направлено на защиту от радиационно-индуцированных стохастических заболеваний, прежде всего рака и наследственных болезней. Даже при малых дозах возможно повреждение генетического материала ядра клетки, которое может привести к возникновению онкологических и наследственных заболеваний - пороков развития в будущих поколениях [МКРЗ 103 публикация].

В детском – наиболее радиочувствительном возрасте (особенно в критические периоды детства: ранний возраст до 3-х лет и пубертатный период) - возникает большая опасность развития радиоиндуцированной патологии. Наиболее проблемным в настоящее время является состояние здоровья детей II-го поколения, родившихся от облученных родителей. Родители этих детей (1969–1987 г.г. рождения), являющиеся I-м поколением были детьми (в том числе во внутриутробном периоде развития) на момент аварии на ЧАЭС в 1986 г., получили воздействие полного спектра радионуклидов, включая радиоактивный йод на щитовидную железу. У детей таких родителей имеется высокий риск формирования врожденных пороков и аномалий развития, умственной отсталости, злокачественных новообразований, появления новых заболеваний и изменения характера течения известных заболеваний [2, 3].

Особенность ситуации состоит в том, что в обследуемых когортах детей, проживающих в условиях длительного действия малых доз радиации и подвергшихся облучению на различных стадиях онтогенетического развития, выявляются в той или иной комбинации различные типы хромосомных нарушений (хромосомные aberrации), характерные как для прямого мутагенного действия радиации, так и для пострадиационной индукции геномной нестабильности [4]. Наряду с феноменом геномной нестабильности, анализ состояния иммунной системы - одной из важнейших специализированных систем, обеспечивающих биологическую устойчивость и адаптационный потенциал организма, показал, что у большинства облученных детей с выраженными дисгеномными эффектами наблюдались комбинированные отклонения, затрагивающие различные звенья иммунитета. Особенности формирования иммунного статуса у таких пациентов могут реализоваться не только в иммунодефицитные состояния с последующим развитием или активацией инфекционного процесса и хронических заболеваний, но и провоцировать канцерогенез [5, 6]. При воздействии радиации на организм человека накапливаются мутации de novo, образу-

ются хромосомные перестройки, которые могут восстанавливаться в результате репарации или элиминироваться в процессе апоптоза

При формировании референтных когорт наблюдения детей учитывали особенности радионуклидного спектра, выход короткоживущих радиоизотопов ^{131}I и долгоживущих радиоизотопов ^{137}Cs и ^{90}Sr , разнообразные пути поступления изотопов; в референтные когорты были включены дети I, II, III поколений, проживающие в радиационно-загрязненных регионах с уровнем загрязнения почв по ^{137}Cs свыше 556 кБк/м² и рожденные от облученных родителей (в том числе подвергшиеся воздействию ионизирующей радиации в периоде внутриутробного развития).

В июле 2014 года в Вене состоялась 61 сессия Научного Комитета ООН по действию атомной радиации, в отчете которой подчеркивалось, что неблагоприятное влияние загрязнения окружающей среды радионуклидами угрожает проявлением различных видов риска: генетического, онкогенного, репродуктивного, тератогенного, иммунопатогенетического. Подчеркивается, что дети в 2-3 раза более радиочувствительны, чем взрослые, а риск возникновения стохастических эффектов у детей выше, чем у взрослых [7].

Известно, что мишенью радиационного воздействия служат биомембрана и ядерная ДНК, которая является носителем генетической информации. В настоящее время имеются доказательства того, что большие многолокусные делеции генома составляют доминирующий класс радиационно-индуцированных мутаций (МКРЗ, 2011), что позволило сформулировать концепцию того, что основные неблагоприятные генетические эффекты у человека принимают форму мультисистемных (полигенных) аномалий развития.

Биологическим действием ионизирующей радиации является интенсификация свободно-радикальных процессов, вследствие чего происходит активация защитных и компенсаторно-восстановительных процессов, выраженность которых определяется индивидуальными генетическими особенностями, глубиной и интенсивностью окислительного стресса. Для оценки риска возникновения радиационно-индуцированных заболеваний необходимо учитывать индивидуальную радиочувствительность, которая определяется в организме ребенка равновесием или дисбалансом процессов пероксидации, протеолиза или защитных и компенсаторно-восстановительных процессов (системы антиоксидантной, антипротеолитической защиты и др.) [8, 9].

В результате 33-х-летнего мониторинга состояния здоровья детей, подвергшихся воздействию малых доз радиации, показано, что радиационно-индуцированные изменения в организме имеют фазный характер течения, который отражает на разных временных этапах активацию или угнетение адаптационных и репаративных процессов. Проведенные нами исследования доказали реальность феномена геномной нестабильности в детском организме, подвергающемся низкоинтенсивному воздействию радиации в малых дозах [3, 4].

В обследуемой популяции детей, подвергшихся низкоинтенсивному воздействию радиационного фактора в период внутриутробного развития и продолжающих ему подвергаться в постнатальный период, встречаются в различных комбинациях все типы хромосомных нарушений, характерные как для прямого мутагенного действия радиации, так и пострадиационной индукции геномной нестабильности. Аналогичные нарушения хромосомного аппарата выявляются и у детей, которые проживают на загрязненных радионуклидами территориях и являются потомками облученных родителей. Эмбриотоксическая (стохастическая радиационная патология) является значимой опасностью для жителей, проживающих на загрязненных радионуклидами территориях.

Индукция измененного клеточного состояния при индуцированной геномной нестабильности характеризуется постоянным проградентным нарастанием спон-

танного уровня мутаций или других геномных и хромосомных изменений (хромосомных aberrаций) во II и III поколениях детей, рожденных от облученных родителей. В наших исследованиях получено достоверное повышение уровня хромосомных aberrаций, выявляемых в лимфоцитах периферической крови, у родителей и их детей, проживающих в регионах радионуклидного загрязнения. Средние частоты aberrантных геномов у этих детей в 1,5-2,8 раза превышают показатели у детей группы сравнения. При сравнении цитогенетических показателей у детей из регионов радионуклидной контаминации и проживающих в радиационно-чистых территориях выявлено повышение уровня как нестабильных и структурных хромосомных aberrаций, так и особенно стабильных хромосомных aberrаций (транслокаций, делеций) [4].

В условиях длительного действия малых доз радиации к спонтанным повреждениям ДНК добавляются радиационно-индуцированные повреждения, которые могут быть исходным материалом для индукции геномной нестабильности. Следует учитывать, что накапливающиеся в клетке свободные радикалы, оказывают повреждающее действие на наследственный аппарат и на мембранные структуры клетки [8, 9]. Отмечено, что имеется отрицательная корреляционная связь между уровнем хромосомных повреждений и концентрацией антиоксидантов. Таким образом, возникает полигеномный дисбаланс в организме, дисфункции клеток, тканей и органов, что отражается на процессах дифференцировки, приводит к снижению биологической устойчивости организма и увеличивает риск возникновения стохастических заболеваний, в том числе наследственных генетических эффектов и злокачественных новообразований. Наши совместные исследования с японскими коллегами [10, 11], их долгосрочные эксперименты на мышах доказали, что экспрессия индуцированной геномной нестабильности у мышей зависит от генетического фона.

Ответной реакцией организма на лучевое воздействие является активация репаративных и компенсаторно-восстановительных процессов. [12]. Ослабление репаративных процессов указывает на неадекватность адаптивных и компенсаторно-восстановительных механизмов. Наши исследования показали, что снижение уровня репарации ДНК можно объяснить изменением активности Са-Mg-зависимой эндонуклеазы – основного фермента первого этапа эксцизионной репарации. Вариабельность активности фермента (повышение/понижение) может свидетельствовать о разнонаправленности действия малых доз радиации и об особенностях реакции организма, приводящих к деградации хроматина: при снижении активности Са-Mg-зависимой эндонуклеазы - к недостаточной репарации повреждений ДНК. [10, 11].

Проведенные нами кариологические исследования с помощью микроядерного теста в семьях, проживающих на загрязненных радионуклидами территориях [10], позволили рассматривать цитогенетические показатели клеток с микроядрами, протрузиями и сдвоенными ядрами у II-го поколения детей в качестве предикторов канцерогенеза. Микроядра и протрузии могут рассматриваться как биомаркеры канцерогенного эффекта и являться самым ранним проявлением риска рака, например, ротовой полости, лимфатических узлов, грудной клетки [13, 14, 15]. По нашим данным, максимальные кариологические (цитологические) изменения были выражены у матерей (I поколение) с новообразованиями, в том числе злокачественными (щитовидной железы, молочной железы) и перенесших оперативное лечение по поводу этих заболеваний. Кариологические изменения у их детей (II поколение) были аналогичны материнским (при этом в момент обследования данные за наличие новообразований у этих детей отсутствовали). Установлено наличие генетической нестабильности: клеточной пролиферации, направленной на образование новых клеток, клеток со сдвоенными ядрами (индикатор токсического действия радиационного фактора, прогностическим признаком потенциальной наследственной и канцерогенной активности). Доказана

значимость наличия микроядер как биомаркеров (предикторов) канцерогенных эффектов. Анализ результатов обследования детей (II поколение), рожденных от матерей (I поколение) с клиническими проявлениями онкопатологии, продемонстрировал схожие изменения кариологических показателей у матерей и их детей. Это могло свидетельствовать о трансгенерационной передаче геномной нестабильности в поколениях лиц, подвергшихся воздействию радиации [10, 11].

В ответ на повреждение ДНК, происходит включение защитного механизма, с активацией белка p 53, контролирующего целостность геномной ДНК, арест аномальных клеток (с цитогенетическими нарушениями) в G₁ фазе с последующей индукцией апоптоза, что позволяет избежать формирования клона клеток с опухолевой трансформацией [16, 17], как у населения, подвергшегося хроническому облучению в малых дозах, так и у его потомков (II - III поколение).

Нами было показано, что анализ геномной сети гена *TP53* демонстрирует значимые изменения (повышение/снижение) экспрессии ряда функционально важных генов. Наиболее значимыми оказались различия для 5 генов: *STI3*, *IER3*, *BRCA1*, *LRDD*, *MRAS*, непосредственно участвующих в процессах канцерогенеза [17].

Известно, что ген *STI3* ингибирует опухолевый рост при различных видах рака (понижение экспрессии *STI3* может приводить к риску развития карциномы желудка и колоректальной карциномы). Повышение уровня гена *IER3* и синтезируемого белка может приводить к повышению риска опухолеобразования. Имеется тесная корреляционная связь между экспрессией *IER3* и мутантными *TP53*, *Ki-67*, *EGFR*, выражающаяся большими размерами и более продвинутой стадией опухоли. Понижение уровня экспрессии *BRCA1* приводит к увеличению риска рака молочной железы и яичников. Снижение уровня экспрессии генов *LRDD* и *MRAS* может обусловить снижение апоптотической активности [18, 19].

Изменения экспрессии в четырех из пяти исследуемых генов у каждого из обследуемых пациентов свидетельствуют о повышенном риске развития злокачественных новообразований у детей, подвергшихся радиационному воздействию. Анализ данных в семейном аспекте выявил схожие изменения в экспрессии генов, как у матерей, так и у их детей, причем у детей эти изменения были более ярко выражены. Таким образом, проведенное нами исследование экспрессии геномной сети белка p53 позволяет предполагать возможность трансгенерационной передачи специфических последствий облучения и, соответственно, риска развития онкологических заболеваний [15].

Достижения молекулярной цитогенетики связаны в последнее десятилетие с принципиально новыми подходами к диагностике наследственно – генетических эффектов. Метод сравнительной геномной гибридизации на микрочипах (arr CGH) позволяет одновременно оценить все 24 хромосомы, обладает высокой чувствительностью и точностью. Это позволяет не только дифференцировать наследственную и спорадическую патологию, но и способствует квалифицированному медико-генетическому консультированию семьи в отношении планирования последующих беременностей.

Действие неблагоприятных факторов внешней среды вызывает искажение медиаторного контроля иммунной системы за функцией пролиферативных систем, происходит накопление разрывов ДНК, которые не устраняются системой репарации; лимфоидные клетки перестают полноценно участвовать в реакциях иммунитета. Это позволяет сформулировать концепцию ведущей роли геномно-иммунной дисфункции в развитии иммуно-опосредованной патологии [6, 20].

В проведенных нами исследованиях показаны нарушения иммунного статуса в зависимости от характера радиационного воздействия в различных когортах радиационного наблюдения в отдаленные сроки после аварии на ЧАЭС. Нарушения Т-клеточного звена иммунитета зарегистрированы у детей, подвергшихся хроническо-

му комбинированному облучению радиоизотопами ^{131}I , ^{137}Cs , ^{90}Sr . Изменение абсолютного количества НК-клеток (CD16⁺-лимфоцитов) является общим признаком для всех групп детей, подвергшихся воздействию радиации. Так, у детей II поколения – потомков облученных родителей - отмечена активация факторов противоопухолевой защиты с характерным увеличением числа CD16⁺-лимфоцитов. У всех групп детей, подвергшихся радиационному воздействию зарегистрировано увеличение относительного количества клеток с маркером регулятора апоптоза (CD95⁺-лимфоцитов) [5]. Наличие у детей тенденции к увеличению количества CD95⁺-лимфоцитов позволяет рассматривать этот показатель как наиболее информативный маркер как прямого, так и опосредованного радиационного воздействия. Известно, что нарушения различных звеньев иммунитета являются одним из патогенетических механизмов формирования злокачественных новообразований. По данным, полученными нашими исследованиями, выявленные изменения затрагивали в большей степени популяцию Т-лимфоцитов, что позволяет говорить о полипотентности радиационного воздействия, поскольку обнаруженные нами изменения касаются нескольких групп Т-лимфоцитов. Иммунные нарушения, обусловленные действием радиации, могут являться триггерным механизмом развития опухолей и аутоиммунных заболеваний.

Таким образом, к медико-биологическим предикторам, связанным с воздействием ионизирующего излучения в диапазоне малых доз, относятся: геномная нестабильность, хромосомные aberrации, генные и хромосомные мутации, репарация повреждений ДНК, экспрессия генов генной сети *TP53*, структурно-функциональные нарушения генома иммунокомпетентных клеток.

Ранняя диагностика, направленная на снижение риска возникновения у детей злокачественных новообразований, врожденных и генетических заболеваний возможна при совершенствовании диагностических систем с использованием высокотехнологичных методов. Проблема поиска молекулярных изменений ДНК, РНК, изменений экспрессии генов для обнаружения маркеров радиационно-индуцированных заболеваний становится все более актуальной, что направлено на сохранение и повышение уровня здоровья детей I-II-III-го поколений, подвергшихся радиационному воздействию, рожденных от облученных родителей. Оптимизация высокотехнологичной молекулярно-генетической диагностики стохастической патологии у детей, рожденных в семьях облученных родителей после аварии на Чернобыльской АЭС позволяет оценивать роль активности мутационного процесса для формирования геномной нестабильности у детей различных поколений - потомков облученных родителей, проживающих в регионах радионуклидного загрязнения для ранней диагностики и профилактики риска медико-биологических эффектов радиации, для принятия оптимальных управленческих и медико-социальных мер.

Список литературы:

1. Закон РФ «О социальной защите граждан, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на ЧАЭС» от 15 мая 1991 г. № 1244-1.
2. Воробцова И.Е. Генетические последствия действия ионизирующих излучений у животных и человека // Мед. радиология. – 1993. – Т.38, №9. – С. 31-34.
3. Балева Л.С., Сипягина А.Е., Карахан Н.М. Состояние здоровья детского населения России, подвергшегося радиационному воздействию вследствие аварии на ЧАЭС. Итоги 29-летнего наблюдения Детского научно-практического центра противорадиационной защиты //Рос. Вестн. Перинат. и педиатрии. -2015. - Т.60, №4. - С. 6-10.
4. Сусков И.И., Кузьмина Н.С., Сускова В.С. Балева Л.С., Сипягина А.Е. Проблема индуцированной геномной нестабильности как основы повышенной заболеваемости у детей, подвергающихся низкоинтенсивному воздействию радиации в малых дозах //Рад. биология. Радиоэкология. – 2006. – Т.46, №2. - С.167-177.

5. Балева Л.С., Сипягина А.Е., Яковлева И.Н., Карахан Н.М., Егорова Н.И., Землянская З.К. Иммунологические особенности нарушений у детей, проживающих в регионах с различным уровнем радионуклидного загрязнения после аварии на Чернобыльской АЭС // Рос. Вестн. перинат. и педиатрии. -2015. - Т.60, №3. - С. 81-88.
6. Вельтищев Ю.Е., Длин В.В. Развитие иммунной системы. Иммунная недостаточность у детей. (Лекции для врачей). МНИИП и ДХ Росздрави /Рос. Вестн. перинатол. и педиатрии. Приложение. М., 2005.- 78 с.
7. Алексахин Р.М. 61-я сессия научного комитета ООН по действию атомной радиации // Рад. биология. Радиоэкология. -2014. -Т.54, №6. - С. 657-658.
8. Бурлакова Е.Б., Михайлов В.Ф., Мазурик В.К. //Рад. биология. Радиоэкология.- 2011.- Т. 41, №5. - С. 489-499.
9. Шарыгин В.Л. ЭПР-спектроскопия при системном анализе радиочувствительности/радиорезистентности организма. опыт и тенденции // Рад. биология. Радиоэкология.- 2018. – Т.58, №5.- С. 463-476.
10. Балева Л.С., Номура Т., Сипягина А.Е., Карахан Н.М., Якушева Е.Н., Егорова Н.И. Цитогенетические эффекты и возможности их трансгенерационной передачи в поколениях лиц, проживающих в регионах радионуклидного загрязнения после аварии на Чернобыльской АЭС //Рос. Вести. перинатол. и педиатрии. - 2016. - Т.61, №3. - С.87-95.
11. Nomura T, Baleva LS, Ryo H, Adachi S, Sipyagina AE, Karakhan NM. Transgenerational effects of radiation on cancer and other disorders in mice and humans // J. Radiat. Cancer Res. -2017. - V.8, N3. - P. 123-134.
12. Makedonov G.P., Tskhovrebova L.V., Unzhakov S.V., Semiachkina A.N., Vasil'eva I.M., Zasukhina G.D. Radioadaptive response in lymphocytes of children living in territories polluted by radionuclides as a result of the accident at the Chernobyl power plant // Рад. биология. Радиоэкология. -1997. - Т.37, №4. - С.640-644.
13. Корсаков А.В., Трошин В.П., Михалев В.П., Жилин А.В., Жилина О.В., Воробьева Д.А., Короткова Н.С. Сравнительная оценка частоты цитогенетических нарушений в буккальном эпителии детей на экологически неблагоприятных территориях Брянской области //Токсиколог. Вестн. -2012. - №1. - С. 29-34.
14. Cardozo R.S., Takahashi-Hyodo S., Peitl P. Jr., Ghilardi-Neto T., Sakamoto-Hojo E.T. Evaluation of chromosomal aberrations, micronuclei and sister chromatid exchanges in hospital workers chronically exposed to ionizing radiation // Teratog.Carcinog.Mutagen.- 2001.- V.21.- P.431-439.
15. Сычева Л.П. Биологическое значение, критерии определения и пределы варьирования полного спектра кариологических показателей при оценке цитогенетического статуса человека // Мед. генетика. -2007. - Т.11, №3. - С.11-15.
16. Lin Y., Ma W., Benchimol S. A new death-domain-containing protein, is induced by p53 and promotes apoptosis // Nature Genetics. – 2000. - V.26, N 1.- P.122-127.
17. LS Baleva, VS Sukhorukov, T Marshall, AE Sipyagina, H Abe, AS Voronkova, NM Karakhan, P Barach, AR Sadykov, NI Egorova and SV Suchkov. Higher risk for carcinogenesis for residents populating the isotope-contaminated territories as assessed by NanoString Gene Expression Profiling. // J. Translational Science. -2017. - V.3, N3. - P.1-6.
18. Wang L.B., Zheng S., Zhang S.Z., Peng J.P., Ye F., Fang S.C., Wu J.M. Expression of ST 13 in colorectal cancer and adjacent normal tissues // World J. Gastroenterol. - 2005. - V.11, N3. - P. 336-339.
19. Hedau S., Batra M., Singh U.R., Bharti A.C., Ray A., Das B.C. Expression of BRCA1 and BRCA2 proteins and their correlation with clinical staging in breast cancer // J. Cancer. Res. Ther. – 2015. - V. 11, N 1. - P.158-164.
20. Ярилин А.А. <http://padaread.com/?book=53159&pg=2>. 1999.

**BIOMEDICAL HEALTH STATUS MONITORING OF PEOPLE'S
GENERATIONS FROM THE RADIONUCLIDE CONTAMINATED REGIONS**

L.S. Baleva, A.E. Sipyagina, N.M. Karakhan, N.I. Egorova

*Separate structural unit "Research Clinical Institute of Pediatrics. acad. Y. E. Veltischev"
Federal State budget higher educational institution "N.I. Pirogov's Russian National
research medical University" Ministry of Health of the Russian Federation
Moscow, 125412, Russia, e-mail: baleva@pedklin.ru, asipyagina@pedklin.ru*

Abstract

Early diagnosis aimed at reducing the risk of children with malignant tumors, congenital and genetic diseases is possible with the improvement of diagnostic systems using high-tech methods. It was fulfilled the study of medical and biological predictors associated with exposure to ionizing radiation in the range of low doses, which include genomic instability, chromosomal aberrations, gene and chromosomal mutations, repair of DNA damage, gene expression of the gene network *TP53*, structural and functional genome disorders of immunocompetent cells.

High-tech diagnosis optimization of stochastic pathology in children having born in families of irradiated parents after the Chernobyl accident is aimed at preserving and improving of children health from irradiated parents and allows to assess the role of the mutation process activity and carry out differentiated preventive measures.

**МИКРОВОДОРОСЛИ–ЭПИБИОНТЫ НИТЧАТОЙ ЗЕЛЕННОЙ
ВОДОРОСЛИ *CLADOPHORA* SP. В РАЦИОНЕ *EUCYPRIS MAREOTICA*
(CRUSTACEA, OSTRACODA)**

Д.С. Балычева, Е.В. Ануфриева, Н.В. Шадрин

*Институт морских биологических исследований имени А.О. Ковалевского РАН,
г. Севастополь, 299011, Россия, e-mail: lena_anufrieva@mail.ru*

Введение. Остракоды играют важную роль в пищевых сетях различных водных экосистем [1, 2], но эта роль в гиперсоленых водах все еще недостаточно изучена, несмотря на ряд опубликованных работ [3–5]. Остракода *Eucypris mareotica* (Fischer, 1855) –наиболее галотолерантный вид среди остракод в мире [6–8], в Крыму есть много гиперсоленых озер, где обитает этот вид и является массовым [9–12]. *E. mareotica* –бентопланктонные ракушковые рачки, которые распространены в Евразии и Северной Африке [7, 13–16]. Несмотря на такое широкое распространение и обилие популяций, мало что известно о питании *E. mareotica*, хотя отдельные аспекты уже изучены. *E. mareotica* используется при реконструкции палеоэкологических условий [17, 18]. Знания о питании этого вида могут повысить эффективность его использования в качестве показателя состояния современных экосистем и палеоозер. Питание *E. mareotica* может происходить не только в планктоне, но и на дне и в матах зеленых нитчатых водорослей, где вид достигает наиболее высокой численности [3]. Целью данной работы является представление новых данных о питании вида *E. mareotica* микроводорослями-эпибионтами зеленой нитчатой водоросли *Cladophora* sp. в гиперсоленом озере Херсонесское.

Материал и методы. Озеро Херсонесское (44°35'10"N, 33°23'32"E), одно из 50 крымских гиперсоленых озер, расположено на мысе Херсонес, крайней юго-западной точке г. Севастополя. Озеро представляет собой закрытую морскую лагуну, отделенную от моря валунно-галечной пересыпью через которую происходит фильтрация морской воды. Площадь озера составляет 0,05 км², площадь водосбора – 0,92 км², средняя глубина – 0,38 м [19, 20]. Интенсивный прогрев воды наблюдается с апреля и достигает максимума в августе (29,5–36,0 °C), зимой температура воды в озере может опуститься ниже 0 °C. Максимальная соленость в основной части озера за период наблюдений с 2005 по 2018 гг. составила 120 г/л, а в южной части она доходила до 340 г/л (август 2009 г.), минимальная соленость – 35,05 г/л (февраль 2006 г.). Вид *E. mareotica* обитает в озере при солености до 290–300 г/л. Показатель pH воды в озере обычно слегка щелочной, но максимальные значения из-за высокой интенсивности фотосинтеза могут достигать 10. В озере развиваются плавающие маты зеленых нитчатых водорослей [21], где наблюдается основная масса остракод и других животных [22]. Количественные пробы зоопланктона были собраны в различные сезоны (2015–2018 гг.) путем фильтрации 50–100 л воды через планктонную сеть с размером ячеек 110 мкм. Пробы фиксировали 4% формалином и обрабатывали с использованием бинокюляров Olympus SZ-ST и LOMO MBS-9, вскрывая кишечники и анализируя содержание пищи. Идентификация видов проводилась с использованием микроскопа Olympus BX50. Соленость, температуру и pH воды определяли с помощью рефрактометра (Kelilong WZ212) и pH-метра (РНН-830).

Результаты и обсуждение. Как показал анализ содержания кишечника, рачки *E. mareotica* потребляли как фитопланктон, так и эпибионтные водоросли, которые растут на нитях кладофоры, а также различных мелких животных. Доля особей, с водорослями, варьировала в выборке от 0 до 93%. В содержимом кишечника 335 проанализированных особей обнаружено 22 вида микроводорослей, которые отно-

сятся к 4 типам, 4 классам и 11 отрядам. Из них 4 вида относятся к типу Cyanobacteria, 3 – к Myzozoa, 4 – к Haptophyta, 11 – к Ochrophyta (Таблица 1). Наиболее распространенным видом был *Peridinium cinctum* (O.F. Müller) Ehrenberg, 1832. Из 22 найденных видов 14 (63%) являлись эписимбиотными (Таблица 1).

Таблица 1

Список видов эписимбиотных микроводорослей, найденных в кишечнике *E. mareotica* из гиперсоленого озера Херсонесское

Вид	Частота встречаемости, %
Cyanobacteria	
Chroococcales	
<i>Chroococcus minimus</i> (Keissler) Lemmermann, 1904	6.9
<i>Microcystis pulverea</i> (H.C.Wood) Forti, 1907	2.1
Oscillatoriales	
<i>Oscillatoria tenuis</i> C.Agardh ex Gomont, 1892	0.9
<i>Phormidium nigroviride</i> (Thwaites ex Gomont) Anagnostidis & Komárek, 1988	9.6
Ochrophyta	
Naviculales	
<i>Halamphora coffeiformis</i> (C.Agardh) Levkov, 2009	0.3
<i>Haslea subagnita</i> (Proshkina-Lavrenko) Makarova & Karaeva, 1985	1.2
<i>Navicula</i> sp.	0.3
Mastogloiales	
<i>Mastogloia braunii</i> Grunow, 1863	7.5
Fragilariales	
<i>Neosynedra provincialis</i> (Grunow) D.M.Williams & Round, 1986	0.3
Bacillariales	
<i>Nitzschia</i> sp.	3.9
<i>Nitzschia tenuirostris</i> Mereschkowsky, 1902	2.1
<i>Psammodictyon panduriforme</i> (W.Gregory) D.G.Mann in Round et al., 1990	0.3
<i>Pseudo-nitzschia calliantha</i> Lundholm, Moestrup & Hasle, 2003	0.6
Thalassionematales	
<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Mereschkowsky, 1902	0.3

Количество клеток эписимбиотных в кишечнике может быть очень большим: например, до 4140 клеток *Phormidium nigroviride* (Thwaites ex Gomont) Anagnostidis & Komárek, 1988 и до 3314 клеток для *Microcystis pulverea* (H.C.Wood) Forti, 1907. Для сравнения, максимальное количество в кишечнике клеток планктонных микроводорослей не превышало 153 (*P. cinctum*). Полученные данные позволяют сделать вывод, что эписимбиоты зеленой нитчатой водоросли *Cladophora* играют важную роль в питании данного вида остракод. Это, вероятно, и объясняет высокую численность рачков *E. mareotica* в плавучих водорослевых матах.

Исследование питания остракод, анализ данных выполнен при финансовой поддержке проекта РФФИ 18-35-00007 (Д.С. Балычева, Е.В. Ануфриева), исследование

долговременных изменений таксоценоза остракод и проведено в рамках гос. задания ФГБУН ИМБИ АААА-А18-118021490093-4 (Н.В. Шадрин).

Список литературы:

1. Brusca R.C. Invertebrates, 2nd Edition / R.C. Brusca, G.J. Brusca. – Sunderland, Massachusetts: Sinauer Associates, 2003. – 936 p.
2. Brandão S.N. World Ostracoda Database / S.N. Brandão, M.V. Angel, I. Karanovic, A. Parker, V. Perrier, M. Yasuhara // 2016. Accessed at <http://www.marinespecies.org/ostracoda> on 2016-10-02
3. Ануфриева Е.В. Распространение и динамика численности экстремально галотолерантного вида *Eucypris mareotica* (Fischer, 1855) (Crustacea, Ostracoda) в гиперсоленых озерах Крыма / Е.В. Ануфриева, Е.А. Колесникова, Н.В. Шадрин // Биология внутренних вод. – 2019. – № 2. – С. 42–49.
4. Anufriieva E.V. Microalgae in the diet of *Eucypris mareotica* (Crustacea, Ostracoda) in the hypersaline lake Chersonesskoye (Crimea) / E.V. Anufriieva, D.S. Balycheva, I.V. Vdodovich, N.V. Shadrin // Ecologica Montenegrina. – 2018. – Vol. 17. – P. 100–104.
5. Anufriieva E.V. First data on predation of *Eucypris mareotica* (Crustacea, Ostracoda) in hypersaline waters / E.V. Anufriieva, I.V. Vdodovich, N.V. Shadrin // Food Webs. – 2018. – Vol. 16. – P. e00090.
6. Williams W.D. Chinese and Mongolian saline lakes: a limnological overview / W.D. Williams // Hydrobiologia. – 1991. – Vol. 210. – P. 39–66.
7. Li Y.F. Ostracoda and its environmental significance at the ancient Tianshui hai lake of the west Kunlun / Y.F. Li, B.Y. Li, G. Wang, S.J. Li, Z.Y. Zhu // Journal of Lake Sciences. – 1997. – Vol. 9, № 3. – P. 223–230 (in Chinese with English abstract).
8. Jia, Q. Intentional introduction of *Artemia sinica* (Anostraca) in the high-altitude Tibetan Lake Dangxiong Co: the new population and consequences for the environment and for humans / Q. Jia, E. Anufriieva, X. Liu, F. Kong, N. Shadrin // Chinese Journal of Oceanology and Limnology. – 2015. – Vol. 33. – P. 1451–1460.
9. Дагаева В.Н. Наблюдения над жизнью соленого озера у бухты Круглой у Севастополя / В.Н. Дагаева // Известия АН СССР. Серия математическая. – 1927. – № 21. – С. 1319–1346.
10. Балущкина Е.В. Влияние абиотических и биотических факторов на структурно-функциональную организацию экосистем соленых озер Крыма / Е.В. Балущкина, С.М. Голубков, М.С. Голубков, Л.Ф. Литвинчук, Н.В. Шадрин // Журнал общей биологии. – 2009. – Т. 70, № 6. – С. 504–514.
11. Belmonte G. Fauna of hypersaline lakes of the Crimea (Ukraine) / G. Belmonte, S. Moscatello, E.A. Batogova, T. Pavlovskaya, N.V. Shadrin, L.F. Litvinchuk // Thalas-sia Salentina. – 2012. – Vol. 34. – P. 11–24.
12. Shadrin N.V. Climate change impact on the marine lakes and their Crustaceans: The case of marine hypersaline Lake Bakalskoye (Ukraine) / N.V. Shadrin, E.V. Anufriieva // Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. – 2013. – Vol. 13, № 4. – P. 603–611.
13. De Deckker P. Ostracods of athalassic saline lakes / P. De Deckker // Hydrobiologia. – 1981. – Vol. 81, № 1. – P.131–144.
14. Baltanás A. Distribution patterns of ostracods in Iberian saline lakes. Influence of ecological factors / A. Baltanás, C. Montes, P. Martino // Hydrobiologia. – 1990. – Vol. 197. – P. 207–220.
15. Meriç E. The response of benthic foraminifer, ostracod and mollusc assemblages to environmental conditions: a case study from the Camalti Saltpan (Izmir-Western Turkey) / E. Meriç, N. Avsar, A. Nazik, F. Barut, F. Bergin, N. Balkis, M.S. Oncel, S. Kapan-Yesilyurt // Mediterranean Marine Science. – 2010. – Vol. 11, № 1. – P. 5–32.

16. Rasouli H. An updated checklist of the recent non-marine Ostracoda (Crustacea) of Iran, with a redescription of *Eucypris mareotica* (Fischer, 1855) / H. Rasouli, B. Scharf, C. Meisch, C. Aygen // *Zootaxa*. – 2016. – Vol. 4154, № 3. – P. 273–292.
17. Mischke S. Bias of ostracod stable isotope data caused by drying of sieve residues from water / S. Mischke, C. Zhang, A. Börner // *Journal of Paleolimnology*. – 2008. V. 40, № 1. P. 567–575.
18. Li X. Oxygen isotope fractionation in the ostracod *Eucypris mareotica*: results from a culture experiment and implications for paleoclimate reconstruction / X. Li, W. Liu // *Journal of Paleolimnology*. – 2010. – Vol. 43, № 1. – P. 111–120.
19. Ануфриева Е.В. Разнообразие ракообразных в гиперсоленом озере Херсонесское (Крым) / Е.В. Ануфриева, Н.В. Шадрин // *Экосистемы, их оптимизация и охрана*. – 2012. – Вып. 7. – С. 55–61.
20. Губанов В.И. Гидролого-гидрохимическая характеристика соляного озера на мысе Херсонес (Севастополь, Крым) / В.И. Губанов, Н.И. Бобко // *Морской экологический журнал*. – 2012. – Т. 11, № 4. – С. 18–26.
21. Празукин А.В. Структура и сезонная динамика фитокомпоненты биокосной системы морского гиперсоленого озера на мысе Херсонес (Крым) / А.В. Празукин, А.Н. Бобкова, И.В. Евстигнеева, И.Н. Танковская, Н.В. Шадрин // *Морской экологический журнал*. – 2008. – Т. 7, № 1. – С. 61–79.
22. Kolesnikova E.A. Seasonal dynamics of meiobenthos fauna from a salt lake of the Crimea (Ukraine) / E.A. Kolesnikova, S.A. Mazlumyan, N.V. Shadrin // *Environmental Micropaleontology, Microbiology and Meiobenthology EMMM'2008: First Intern. Conf. (Feb. 17, 2008, University of Madras, India)*. – Chennai, 2008. – P. 155–158.

MICROALGAE-EPIBIONTS OF FILAMENTOUS GREEN ALGA *CLADOPHORA* SPP. IN THE DIET OF *EUCYPRIS MAREOTICA* (CRUSTACEA, OSTRACODA)

D.S. Balycheva, E.V. Anufrieva, N.V. Shadrin

The A.O. Kovalevsky Institute of Marine Biological Research, Russian Academy of Sciences, Sevastopol, 299011, Russia, e-mail: lena_anufrieva@mail.ru

Abstract

Eucypris mareotica is a high abundant species in the Crimean hypersaline lakes. Feeding of this species can occur not only in plankton, but on the bottom and in algal mats, where the species reaches the highest numbers but there are no data on its feeding in algal mats. In ostracod gut content, 22 species of microalgae were found, and among them 14 species were epibiontic.

УДК 631.453

КОНТРОЛЬ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ СЕЛЬХОЗУГОДИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ БИОТЕСТИРОВАНИЯ

А.П. Баранов; М.И. Лунев; Д.В. Береза

*ВНИИ Агробиологии им. Д.Н. Прянишникова, Москва, 127550, Россия,
e-mail: milunev@yandex.ru*

В последние десятилетия XX века пришло осознание важности того, что почва не неисчерпаемый ресурс и при неправильном использовании ее характеристики могут быть потеряны в течение короткого периода времени, с ограниченными возможностями для регенерации.

В настоящее время число веществ-загрязнителей, способных влиять на экологическое состояние биоты, превысило миллион наименований, и ежегодно синтезируется свыше четверти миллиона новых веществ [1].

В результате трансформаций в природной среде происходит образование новых соединений, которые могут быть токсичнее исходных ингредиентов. Примерами таких веществ могут быть метил-ртуть, соединения тяжелых металлов с детергентами, метаболиты пестицидов и т.д. [2]

В алгоритме решения проблем экологической безопасности сельскохозяйственных почв начальной задачей является определение источника загрязнения, оценка его уровня (масштаба) и химической природы. От точности такой оценки зависит выбор пути решения проблемы: ремедиации, временной консервации, изменение формы эксплуатации.

В то время как в экологических оценках состояния окружающей среды преобладают методы, основанные на приемах биомониторинга, в системе оценок состояния почвенной среды используются, как правило, данные аналитического химического анализа.

Аналитический контроль загрязнения, проводимый физико-химическими методами показывает наличие лишь “маркеров” - определенных концентраций загрязнителей, которые могут иметь неодинаковые последствия в регионах с разнообразными условиями среды и с разным составом обитающих видов живых организмов [3].

Одним из наиболее ярких примеров, иллюстрирующих низкий уровень корреляции между уровнем загрязнения почвы и ее реальной токсичностью, является опыт, проведенный на разных почвах с одинаковым уровнем загрязнения свинцом [4].

Для определения воздействия свойств почвы на биодоступность и токсичность свинца для дождевых червей, была применена доза Pb 2000 мг / кг. Смертность дождевых червей варьировалась от 0 до 100% на 21 разновидности почвы. Внутренние концентрации свинца у дождевых червей составляли от 28,7 до 782 мг/кг, в среднем 271 мг/кг.

Величина токсичности загрязненной почвенной среды, оцененная по реакциям почвенных организмов, может меняться, в зависимости от типа почвы в 30 раз [5].

Многофакторные загрязнения, проявляющие аддитивные, синергетические, и антагонистические токсические эффекты, трудно оценивать на основе расчета по сложным формулам, учитывающим количественное содержание поллютантов с самыми разнообразными механизмами токсического действия. Распространенным примером подобного типа могут служить осадки сточных вод [6], содержащие в своем составе сложный комплекс таких органических поллютантов как линейные алкилбензолсульфонаты, нонилфенол полиэтоксилаты, полиароматические углеводороды, полихлорированные бифенилы, полихлорированные диоксины и фураны, антибиотики и следы различных фармацевтических и гормональных препаратов.

С учетом одного из основных законов токсикологии о различной токсичности одного объекта для разных организмов, объективная оценка методом биотестирования может быть достигнута применением организмов, отличающихся по расположению в пищевой цепи, степени эволюционного развития, имеющих важное функциональное значение в ценобиозе. Наиболее распространенный принцип отбора тест-культур для комплекта батареи биотестов, включение в состав организмов представителей продуцентов, консументов и хищников [7]. Каждый отдельно взятый вид организмов может характеризоваться довольно специфичной чувствительностью.

На рисунке 1 показана специфичность тестов, объясняющая их взаимодополняемость при формировании комплекса биотестирования для оценки экотоксикологического состояния почвы.

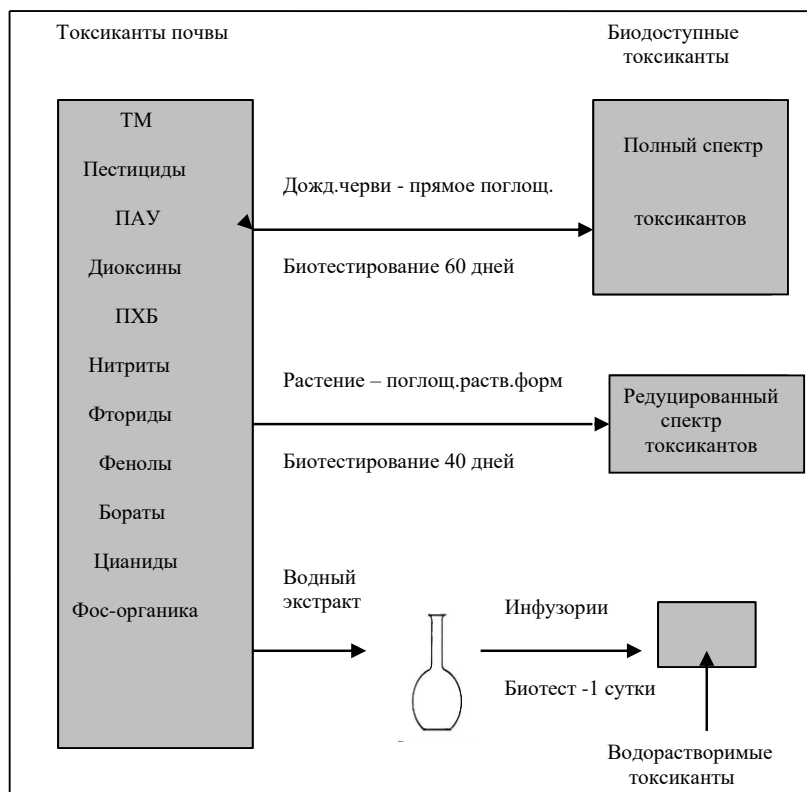


Рис. 1. Батарея биотестов для оценки токсичности почвы.

Выбор биотестов обусловлен их специфичностью. Биотест с червями – оценка хронической токсичности. Биотест с растением – оценка фитотоксичности. Биотест с инфузориями – оценка экотоксичности. Экотоксикологическое состояние почвы количественно оценивается как величина суммы биотестов, выраженных в процентах от биотестов на чистой почве данного типа. Состояние чистой почвы равно 100 %.

Интегральный эффект разных видов тест-культур, отражающих состояние загрязненной почвы, может быть выражен как средняя величина от суммы всех токсических эффектов (выживаемость, репродуктивность, вес, продолжительность жизни), выраженных в процентном отношении от этих же показателей, на чистой, контрольной почве (табл.1).

Вместе с этим, необходимо так же отметить, ограничения возможностей метода биотестирования. Основная критика биотестирования связана с тем, что результаты биотестов плохо прогнозируют популяционную динамику [8]. При биотестировании некоторых загрязнений почвы тест- культуры могут не успевать отражать хроническую токсичность и достаточно полно реагировать на поллютанты [9]. Игнорирование того факта, что токсичность представляет собой процесс во времени, может привести к серьезному отклонению в оценке риска для окружающей среды. Продолжи-

тельность теста на выживание не всегда достаточна для достижения эффекта, соответствующего LC50 [10].

Таблица 1

Расчет показателя ИПБС почвы по данным биотестирования

Почва	Тест-реакции биотестов			Интеграционный показатель биологического состояния почвы (ИПБС)
	растение	инфузории	энхитреиды	
Контроль, чистая почва	100	100	100	100
Исследуемая почва	80	70	60	70

Основными причинами медленного распространения биологического метода в оценке загрязнения почв являются длительность метода, связанная с жизненным циклом подопытных организмов или вегетационным периодом высших растений, а так же сложность интерпретации его результатов. Действительно при точной оценке уровня токсичности загрязнения, биотестирование не отражает химическую природу загрязнения, которая может быть установлена в ходе химического анализа почвы.

Ограничения, возникающие в оценке характера и уровня загрязнений на основе единственного метода оценки, биотестирования или химического анализа снимаются при совместном использовании их. Предлагаемый нами метод включает химическую пробообработку и последующее биотестирование, позволяющее оценить химический характер именно биодоступной, активной токсичности почвы. Способ заключается в химической идентификации биодоступной токсичности, определяемой по химическому реагенту, изменяющему токсичность в процессе пробообработки. Такое, вещество, поменявшее токсичность почвы, помогает определить химическую природу этой токсичности.

На рисунке 2 схематично отражен алгоритм выполнения метода. Образец почвы с уже установленной токсичностью подвергается обработке различными реагентами, высокоспецифичными по отношению к веществам-загрязнителям из разных химических классов. Например, перед экспозицией тест-культуры энхитреид в загрязненной почве их по вариантам обрабатывают антидотом от тяжелых металлов меткаптосульфонатом, от фосфорорганики (глифосат) метилникотин йодидом. Для повышения биодоступности всех гидрофобных поллютантов образцы почвы обрабатывают раствором желчи КРС.

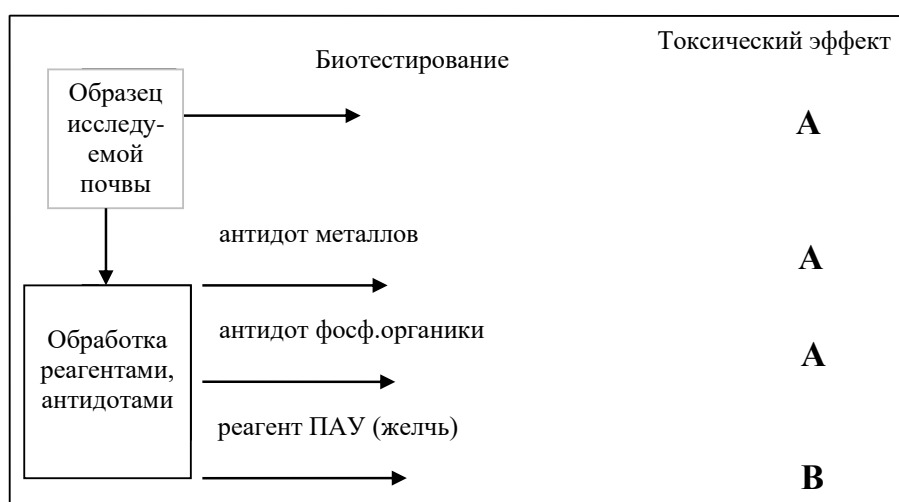


Рис. 2. Схема метода определения характера биодоступного загрязнения.

На рисунке 2 продемонстрирован ход определения химического характера некого загрязнения. Пробоподготовка образца включала параллельную обработку его различными реагентами. Первые два варианта не дали изменения токсического эффекта (снижения в случае загрязнения тяжелыми металлами или фосфорорганическими пестицидами). В третьем случае, произошло увеличение токсичности. Присутствие желчи обусловило повышение биодоступности гидрофобных соединений ПАУ. Таким образом, сочетание методов биотестирования и химической проработки может повысить информативность почвенного мониторинга загрязнений и значительно облегчить решение задач поиска источников загрязнений, оценки уровня контаминации, ремедиации территорий.

Список литературы:

1. Булгаков Н.Г. Контроль природной среды как совокупность методов биоиндикации, экологической диагностики и нормирования // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов: Обзорная информация. ВИНТИ. 2003. № 4. С. 33–70.
2. Донченко В.К. Актуальные проблемы изучения техногенного загрязнения окружающей среды // Экологическая безопасность. 2007. № 1–2. С. 4–24.
3. Терехова В.А. Биотестирование почв: подходы и проблемы. Почвоведение 2011, №2. С.190-198.
4. Bradham, K.D., Dayton, E.A., Basta, N.T., Schroder, J., Payton, M. & Lanno, R.P. (2006). Effect of soil properties on lead bioavailability and toxicity to earthworms. *Environmental Toxicology and Chemistry*, Vol. 25, No. 3, (March 2006) 769–775.
5. Mónica J B Amorim; Jörg Römbke; A Scheffczyk; Amadeu M V M Soares. Effect of different soil types on the enchytraeids *Enchytraeus albidus* and *Enchytraeus luxuriosus* using the herbicide Phenmedipham, *Chemosphere*, 2005, Volume: 61, p.1102-1114
6. Xanier Domene Casadesus. Methodologies using soil organisms for the ecotoxicological assessment of organic wastes. *Universitat Autònoma de Barcelona*, 2007, p 217
7. Терехова В.А. Реализация биотической концепции экологического контроля в почвенно-экологическом нормировании. Использование и охрана природных ресурсов в России, 2012, № 4, С. 31- 34
8. Antonio Biondi, Lucia Zappalà, John D. Stark, Nicolas Desneux. Do Biopesticides Affect the Demographic Traits of a Parasitoid Wasp and Its Biocontrol Services through Sublethal Effects? *PLoS ONE* 8(9): e76548. <https://doi.org/10.1371>
9. Филимонова Ж.В. Энхитреиды (*Oligochaeta, Enchytraeidae*) в биотестировании и контроле загрязнения почв: автореферат дис. к. б. н. Москва, 2000. - 24 с.
10. Baas Jan, Tjalling Jager, Bas Kooijman Understanding toxicity as processes in time. *Science of the Total Environment* 408 (2010), p. 3735–3739

**CONTROL OF CONTAMINATION OF AGRICULTURAL SOILS
USING BIOASSAY**

A.P. Baranov; M.I. Lunev; D.V. Bereza

*VNII Agrochemistry them. D.N. Pryanishnikov, Moscow, 127550, Russia,
e-mail: milunev@yandex.ru*

Abstract

The problems of the limited use of bioassay methods and chemical analysis of soils are considered. A method for increasing the informative value of the biotesting method is proposed. In the framework of traditional bioassay, samples of the studied soil are proposed to be treated with chemical reagents that are markers of the nature of chemical toxicity. The change in toxicity as a result of such tillage allows you to identify toxicity by chemical reagent due to its specificity to pollution.

УДК 621.316

РАЗРАБОТКА ИНЖЕНЕРНОЙ МЕТОДИКИ РАСЧЁТА АВТОНОМНОГО БЛОКА ЭНЕРГОПИТАНИЯ, СОДЕРЖАЩЕГО ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ (СОЛНЕЧНЫЕ БАТАРЕИ)

Н.Н. Баранов¹; К.В. Крюков²; Ю.Б. Церковский²; Е.С. Ерохина²

¹Объединённый институт высоких температур РАН, Москва, 125412, Россия,
e-mail: nsmppve@iht.mpei.ac.ru;

²Национальный исследовательский университет МЭИ, Москва, 111250, Россия

Промышленно развитые страны непрерывно наращивают темпы внедрения нетрадиционных и возобновляемых источников энергии (ВИЭ), в первую очередь фотоэлектрических генераторов и ветроэнергетических установок. Соответственно повышается уровень научно-исследовательских работ по отдельным типам нетрадиционных энергоустановок, нацеленных на снижение их стоимости и повышение надёжности в эксплуатации [1-8].

В данной работе предлагается инженерная методика для определения основных параметров автономных блоков электропитания (БЭП), требуемых потребителю.

В качестве примера рассчитываются параметры системы автономного электропитания нагрузки (в виде загородного дома) от фотоэлектрических преобразователей (солнечных батарей), при условии, что дом подключен к сети переменного тока, и, в случае недостатка энергии от ФЭП, добывает её из сети.

Определение энергопотребления и мощности инвертора. В качестве исходной величины зададимся требуемым недельным потреблением электроэнергии $W_{нед} = 150$ кВт·ч.

Зададимся значением энергии, запасаемой в звене постоянного тока, с учетом потерь в системе:

$$W_{DC} = 1.2 \cdot W_{нед} = 1.2 \cdot 150 = 180 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \quad (1)$$

Мощность инверторных преобразователей, необходимых для системы электропитания можно определить как отношение недельного количества энергии для питания нагрузки к количеству часов в неделе (168 ч):

$$P_{\Sigma} = \frac{W_{DC}}{U_{DC}} = \frac{180 \cdot 10^3}{168} = 1071 \text{ Вт} . \quad (2)$$

Зададимся напряжением на шине постоянного тока, равным 110 В. Тогда количество ампер-часов в неделю, требуемое для покрытия нагрузки:

$$q_{нед} = \frac{W_{DC}}{U_{DC}} = \frac{180 \cdot 10^3}{110} = 1636 \text{ А} \cdot \text{ч} \quad (3)$$

Суточное значение потребляемых А·ч:

$$q_{сут} = \frac{q_{нед}}{7} = \frac{1636}{7} = 233,7 \text{ А} \cdot \text{ч} . \quad (4)$$

Определение ёмкости аккумуляторной батареи. Так как система автономного электропитания работает совместно с сетью переменного тока, то зарядка аккумуляторных батарей может осуществляться в любое время. При этом суммарная ёмкость АБ может быть принята равной:

$$q_N = q_{сут} = 233,7 \text{ А} \cdot \text{ч} \quad (5)$$

Значение q_N является базовым для расчета ёмкости аккумуляторных батарей. Окончательное значение ёмкости АБ определяется с учетом коэффициента использования γ и коэффициента α , учитывающего температуру окружающей среды в помещении, где установлены аккумуляторные батареи:

$$q_{\text{общ}} = \frac{q_N}{\gamma} \cdot \alpha \cdot A \cdot \tau. \quad (6)$$

Определение необходимого количества модулей ФЭП и мощности преобразователей постоянного тока. Для определения количества модулей ФЭП необходимо задаться типом модуля и его параметрами. В расчетах примем: $P_{PV \text{ ном}} = 210$ Вт, напряжение и ток в точке максимальной мощности, соответственно $U_{mpp} = 25.1$ В, $I_{mpp} = 8.35$ А.

Определим суммарный выходной ток батареи ФЭП для среднего значения пиковых солнечных часов равного $i = 3.2$, учитывая потери, связанные с зарядом-разрядом аккумуляторных батарей (20%):

$$q_{3-p} = q_N \cdot \zeta = 233.7 \cdot 1.2 = 280.4 \text{ А} \cdot \text{ч} \quad (7)$$

$$I_{PV\Sigma} = \frac{q_{3-p}}{i} = \frac{280.4}{3.2} = 87.6 \text{ А} \quad (8)$$

Общее количество требуемых солнечных батарей:

$$N_{PV} = \frac{I_{PV\Sigma} \cdot U_{DC}}{P_{PV \text{ ном}}} = \frac{87.6 \cdot 110}{210} = 46 \quad (9)$$

Число модулей, соединенных последовательно:

$$N_S = \frac{U_{DC}}{U_{mpp}} = \frac{110}{25.1} = 4.38 \quad (10)$$

Так как модули будут работать со встроенными повышающими регуляторами постоянного тока, то можно взять меньшее число последовательно включенных модулей, т.е. принять $N_S = 4$. Число модулей, соединенных параллельно:

$$N_P = \frac{N}{N_S} = \frac{46}{4} = 11.5 \approx 12 \quad (12)$$

Мощность преобразователей постоянного тока в цепи каждого модуля определяется током длительного режима модуля в точке максимальной мощности (МРР) и напряжением холостого хода в этой цепи.

В приведенном примере определения параметров основных элементов БЭП, принято, что питание нагрузки переменным током осуществляется полные сутки только за счёт энергии от ФЭП. При комбинированной системе электроснабжения (совместно с сетью переменного тока), значения мощности преобразователей постоянного тока (ППТ) в цепи блоков ФЭП и ёмкости аккумуляторной батареи следует корректировать (в сторону уменьшения) с учётом времени использования электросети.

Рекомендации для практического использования. Выполненные в данном направлении исследования и полученные результаты позволили сформулировать следующие рекомендации для практического использования [9-11]:

1. Полупроводниковые структуры для согласования ФЭП с сетью переменного тока следует выбирать в зависимости от оптимизируемого параметра:

а) для получения низкой стоимости энергосистемы – следует выбирать структуру с центральным инвертором;

б) для получения максимальной энергоэффективности – систему с модульными регуляторами постоянного тока.

Использование модулей ФЭП со встроенными регуляторами постоянного тока позволяет повысить передаваемую в нагрузку мощность в случаях неравномерного распределения освещенности ФЭП (солнечных батарей).

2. Для бестрансформаторных систем электроснабжения с ФЭП следует исключать влияние пульсаций напряжения сети переменного тока на модули ФЭП, путем использования буферных регуляторов постоянного тока.

3. Использование ШИМ - модуляции для формирования выходного напряжения инверторов позволяет улучшить массогабаритные параметры системы с ФЭП за счет снижения габаритов выходных фильтров.

4. При выборе накопителей электрической энергии (АБ) для автономных систем с ФЭП следует учитывать, что для обеспечения бесперебойного питания нагрузки в дни с малой интенсивностью солнечного излучения необходимо увеличивать ёмкость аккумуляторных батарей. Для систем с ФЭП, работающих совместно с сетью переменного тока, использование избыточного количества аккумуляторных батарей не требуется, так как их заряд, в дни с низкой интенсивностью солнечного излучения, может производиться от сети переменного тока.

5. При выборе алгоритмов управления электронными регуляторами для автономных систем электроснабжения с ФЭП необходимо предусматривать работу модулей ФЭП в точке максимальной мощности.

6. Для обеспечения бесперебойной работы ответственных нагрузок в автономных системах с ФЭП, в дни с низкой интенсивностью солнечного излучения, можно производить отключения не ответственных нагрузок.

7. Для обеспечения наибольшей эффективности, при разработке алгоритмов управления регуляторами постоянного тока автономного блока энергопитания, необходимо учитывать как работу в режиме отбора максимальной мощности, так и работу в режиме стабилизации выходного напряжения.

8. При использовании аккумуляторных батарей для накопления энергии в звене постоянного тока, необходимо использовать дополнительный шунтирующий конденсатор. Это позволит снизить пульсационную составляющую тока аккумуляторной батареи и продлить её срок службы.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант № 19-08-00018.

Список литературы:

1. A. Mohamed, T. Khatib "Optimal Sizing of a PV/Wind/Diesel Hybrid Energy System for Malaysia", ICIT, 752-757, 2013
2. R.O. Caceres, I. Barbi A boost DC–AC converter: analysis, design, and experimentation // IEEE Transactions on Power Electronics. — January 1999. — с. 134-141.
3. N. Vaquez, J. Almazan, J. Alvarez, C. Aguilar, J. Arau Analysis and experimental study of the buck, boost and buck-boost inverters // Power Electronics Specialists Conference. — Charleston, 1999. — с. 801 - 806.
4. N. Kasa, T. Iida, H. Iwamoto An inverter using buck-boost type chopper circuits for popular small-scale photovoltaic power system // The 25th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society. — San Jose, 1999. — с. 185 - 190.
5. S. Saha, V.P. Sundarsingh Novel grid-connected photovoltaic inverter // IEE Proceedings - Generation, Transmission and Distribution. — Mar. 1996. — с. 219 - 224.
6. F. Blaabjerg and K. Ma, "Future on Power Electronics for Wind Turbine Systems," in IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics, vol. 1, no. 3, pp. 139-152, Sept. 2013.
7. Romero-Cadaval, E., Spagnuolo, G., Garcia Franquelo, L., Ramos-Paja, C.A., Suntio, T., Xiao, W.M. Grid-Connected Photovoltaic Generation Plants: Components and Operation // Industrial Electronics Magazine. IEEE. 2013. Vol. 7. No. 3.
8. TRENDS 2016 IN PHOTOVOLTAIC APPLICATIONS: Survey Report of Selected IEA Countries between 1992 and 2015
9. Antonov B.M., Baranov N.N., Kryukov K.V. A direct current converter for power supply systems with alternative energy sources. (2015), Russian Electrical Engineering, 86 (7), pp. 385-390.
10. Антонов Б.М., Баранов Н.Н., Крюков К.В., Розанов Ю.К. Гибридная система децентрализованного электроснабжения, реализуемая на основе возобновляемых

источников энергии разных видов. // Журнал «Электричество». 2018. № 1. С. 8-13.

11. Антонов Б.М., Баранов Н.Н., Крюков К.В., Розанов Ю.К. Управление гибридным энергокомплексом на основе возобновляемых источников энергии разных видов. // Журнал «Электричество». 2018. № 7. С. 19-25.

**DEVELOPMENT OF ENGINEERING PRACTICE FOR PV POWER
SUPPLY SYSTEM**

N.N. Baranov¹; K.V. Kryukov²; Yu.B. Tserkovsky²; E.S. Erokhina²

¹*Joint Institute for High Temperatures (JIHT), RAS, Moscow, 125412, Russian Federation,
e-mail: nsmppve@iht.mpei.ac.ru*

²*National research university MPEI, Moscow, 111250, Russian Federation*

Abstract

This paper describes engineering practice for calculation of main characteristics of PV power supply system. As an example, the parameters of a connected to a weak AC network PV power supply system are calculated.

ГИДРОПИРОЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА АККУМУЛЯТОРНОГО ЛОМА

Н.М. Барбин^{1,3}; Т.М. Барбина²

¹Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург, 620062, Россия,
e-mail: NMBarbin@mail.ru

²Уральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, 620002, Россия

³Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, 620075, Россия

Целью работы являлось получение хлорида свинца и выделение чистого металлического свинца путем проведения электролиза расплавленной соли хлорида свинца. Описано электрохимическое получение свинца электролизом расплавленного $PbCl_2$. Хлорид свинца получали гидрометаллургической переработкой пасты из отработанных свинцовых аккумуляторов. Из $PbCl_2$ получали чистый свинец. Приведены параметры электролиза.

По количеству произведенных металлов и сплавов свинец находится на четвертом месте в мире после алюминия, меди и цинка. Соответственно значительным является как количество отходов производства свинца, так и отходов, образующихся в результате окончания срока службы изделий, содержащих свинец и его лом [1].

Из всех потребителей свинца основными являются производители свинцово-кислотных аккумуляторных батарей. Поэтому отработавшие аккумуляторные батареи стали составлять основу вторичного свинцового сырья. Их нельзя складировать в случайных местах из-за возможности загрязнения почвы соединениями свинца и серной кислотой из электролита [2].

Переработку вторичного свинецсодержащего сырья осуществляют пирометаллургическим способом [3-6]. Общими недостатками пирометаллургического способа переработки являются значительное газовыделение и пылеунос, обусловленные использованием высоких температур, мелкодисперсностью исходного материала, высокой летучестью всех соединений свинца и самого металла. Пыль содержит большое количество возгонов свинца с частицами диаметром меньше 1 мкм. Вследствие этого необходимо строительство дорогостоящих и громоздких систем пылеулавливания и переделов по дальнейшей переработке пылей. Кроме того, затруднено использование мелкой фракции после пылеулавливания [2].

Серьезные экологические проблемы, с которыми связаны пирометаллургические методы переработки вторичного свинецсодержащего сырья, привели к развитию различных технологических схем, включающих гидрометаллургические операции [6-9]. Ранее нами рассматривалось получение металлического свинца из различных техногенных свинцовых отходов путем электролиза карбонатного расплава [10-12]. Для повышения чистоты металлического свинца в данной работе предложено вести электролиз расплава хлорида свинца.

В монографии [13] описан способ выделения свинца из лома аккумуляторных батарей путем обработки последнего водным раствором хлоридов щелочных металлов и соляной кислоты при повышенной температуре. При этом происходит растворение содержащихся в сырье соединений свинца. Процесс также включает стадию кристаллизации хлорида свинца из охлажденного раствора, отделение кристаллов $PbCl_2$.

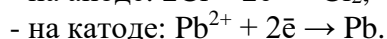
Металлический свинец получают электролизом раствора или расплава хлорида свинца. Соль $PbCl_2$ можно растворять в водных растворах хлоридов аммония, щелочных и щелочноземельных металлов. Проводят электролиз с нерастворимыми

угольными анодами для извлечения свинца из его хлоридных растворов [14]. В случае получения катодного свинца в виде некомпактного губчатого осадка удается осуществить достаточно глубокое истощение электролита по содержанию свинца. При электролизе расплавов хлорид свинца $PbCl_2$ сплавляется с хлоридами натрия, калия или лития, смесь подвергается электролизу. Выделяющийся на аноде хлор может быть использован для производства соляной кислоты [15, 16].

Целью данной работы являлось получение хлорида свинца и выделение чистого металлического свинца путем проведения электролиза расплавленного $PbCl_2$.

Гидрометаллургическое получение хлорида свинца. Переработке подвергали сульфидно-оксидную пасту из отработанных аккумуляторов. Навеску пасты (100-200 г) загружали в лабораторный стеклянный термостатированный реактор с магнитной мешалкой и обрабатывали выщелачивающим раствором. Раствор содержит 80 г/л HCl , 160 г/л $NaCl$, 50 г/л H_2SO_4 . Процесс вели при 70 °С. Затем снижали температуру в реакторе до 18 °С. Хлорид свинца осаждался в виде кристаллов и отфильтровывался. Полученные кристаллы $PbCl_2$ сушили в сушильном шкафу при 120 °С.

Электролиз расплавленного хлорида свинца. Свинец можно получать электролизом расплава хлорида свинца. Основные реакции:



Напряжение разложения расплава хлорида свинца при температуре 500-600 °С составляло 1,2 – 1,3 В [17].

Электролиз вели в кварцевом лабораторном электролизере. Он состоял из кварцевой пробирки длиной 50 см и диаметром 8 см. Пробирка закрывалась фторопластовой пробкой с резиновым уплотнением. В пробирке с помощью резинового уплотнения была закреплена трубка из стеклоглерода (СУ-2500) диаметром 1,0 см, служащая анодом, на которой выделялся хлор. В пробирку засыпали соль $PbCl_2$ и помещали в селитовую печь сопротивления, нагревали до температуры 520-550 °С. Температура в печи поддерживалась с точностью ± 2 °С терморегулятором Р-25.32. После расплавления соли $PbCl_2$ опускали стеклоглеродный токоподвод диаметром 5 мм. Затем в расплав хлорида свинца помещали стеклоглеродную трубку. Токоподвод от взаимодействия с расплавом хлорида свинца защищала кварцевая трубка. На стеклоглеродном токоподводе в процессе электролиза выделялся расплавленный свинец, который служил жидким катодом. Стеклоглерод не взаимодействовал с расплавленным свинцом. Начальное расстояние между жидким свинцом и нижним краем стеклоглеродной трубки составляло 10 см. В качестве источника тока использовали выпрямитель ВСА 6К.

Вели электролиз при различных параметрах процесса. После проведения опыта содержимое электролизера выливали в графитовую изложницу. Застывший металл отделяли от соли, взвешивали, определяли выход по току для полученного свинца. Металлический свинец анализировали на содержание примесей с помощью атомно-абсорбционного спектрометра РЕ-404.

Результаты и их обсуждение. Параметры электролиза приведены в табл. 1.

Таблица 1

Параметры электролиза

№ опыта	t , °С	i_k , А/см ²	i_a , А/см ²	Выход свинца по току, %
1	520	1,00	0,40	98
2	523	0,80	0,32	98
3	525	0,60	0,24	98

Выход свинца по току достигал 98 %. Изменения температуры в интервале 520-525 °С, катодной плотности тока в интервале 0,6 – 1,0 А/см² и анодной плотности тока в интервале 0,24 – 0,40 А/см² не оказывали влияние на выход свинца по току. Химический состав полученного свинца приведен в табл. 2.

Таблица 2

Содержание примесей в свинце, %

№	Zn	Bi	Fe	As	Sb	Cu
1	2·10 ⁻³	5·10 ⁻³	1·10 ⁻³	5·10 ⁻⁴	7·10 ⁻⁴	5·10 ⁻⁴
2	1·10 ⁻³	6·10 ⁻³	2·10 ⁻³	4·10 ⁻⁴	5·10 ⁻⁴	6·10 ⁻⁴
3	3·10 ⁻³	4·10 ⁻³	2·10 ⁻³	6·10 ⁻⁴	6·10 ⁻⁴	4·10 ⁻⁴

Полученный свинец по содержанию примесей близок к свинцу марки С0 по ГОСТ 3778-77 Е. Увеличение величины тока электролиза не влияло на содержание примесей в свинце. Основными примесями являлись Zn, Bi, Fe, содержание которых определялось в пределах (1-6)·10⁻³ мас.%. Содержание остальных примесей находилось в интервале (4-7)·10⁻⁴ мас.%.
Список литературы:

1. Барбин Н.М. Металлургические технологии переработки техногенного и вторичного сырья. Часть 1. Свинец. / Н.М. Барбин, С.В. Мамяченков, С.И. Холод. – Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2009. – 136 с.
2. Барбин Н.М. Переработка вторичного свинцового сырья в ионных солевых расплавах. / Н.М. Барбин, Г.Ф. Казанцев, Н.А. Ватолин. – Екатеринбург: УрО РАН, 2002. – 180 с.
3. Кунаев А.М. Электротермия в металлургии вторичного свинца. / А.М. Кунаев, И.Р. Польшвинный, Р.С. Демченко. – Алма-Ата: Наука КазССР, 1980. – 190 с.
4. Lavid O. Enthoven leading the way at Darley Dale // Metals. – 1984. – No 166. – P. 131 – 132.
5. Stig P. Vararbeitung gunterschiedlicher Bleirostoffe in Kaldoofen // Errmetall. – 1984. – Vol. 37. – No 4. – P. 169 – 173.
6. Михайлов С.П. Современные тенденции утилизации лома и отходов цветных металлов за рубежом. Обзорная информация. Вторичная металлургия цветных металлов. – Вып. 4. – Москва, 1983.
7. Заявка № 2106884 Великобритания / Nicolson L. Lead crap batteries.
8. Cole E.R. Update on recovering lead from crap batteries / E.R. Cole, D.L. Paulson // J. Metals. – 1985. – Vol. 37. – No 2. – P. 79 – 83.
9. Ferracin L.C. Lead recovery of exhausted lead-acid batteries using on electrohydro-metallurgical process /L.C. Ferracin, N.S. Chacon-Sanhuera, R.A. Davogliv // Hydro-metallurgy. – 2002. – V. 65. – No 2, 3. – P. 137 – 144.
10. Барбин Н.М. Электролитическое получение свинца из пылей шахтных печей заводов по переработке свинцовых аккумуляторов / Н.М. Барбин, Т.М. Барбина // Металлург. – 2017. – № 5. – С. 70 – 72.
11. Барбин Н.М. Электроэкстракция свинца из щелочно-оксидного расплава / Н.М. Барбин, Т.М. Барбина // Металлург. – 2016. – № 8. – С. 111 – 114.
12. Барбин Н.М. Электролитическое получение свинца в щелочно-карбонатном расплаве из техногенных отходов аккумуляторного завода /Н.М. Барбин, Т.М. Барбина // Электрометаллургия. – 2017. – № 2. – С. 31 – 36.
13. Ситтиг М. Извлечение металлов и неорганических соединений из отходов. – М.: Металлургия, 1985. – 408 с.
14. Салтовская Л.А. Получение металлического свинца электролизом хлоридного раствора /Л.А. Салтовская, О.А. Хан, В.Д. Пономарев // Изв. АН КазССР, сер.

- металлургии, обогащения и огнеупоров. – 1960. – № 3 (6). – С. 17 – 26.
15. Wong M.M. A new process of lead recovery from waste lead-acid batteries by electrolysis /M.M. Wong, R.G. Sandberg, C.H. Elges // Rept. Invest. Bur. Mines US Dep Inter. – 1983. – No 8770. – P. 21.
16. Патент 4.096.045 США / Davis W.D. Lead recovery from lead-acid batteries.
17. Справочник по электрохимии / Под ред. А.М. Сухотина. – Л.: Химия. 1981. – 488 с.

**ELECTROWINNING OF PURE LEAD FROM LEAD CHLORIDE
RECOVERED FROM BATTERY SCRAP**

N.M. Barbin^{1,3}, T.M. Barbina²

¹*Ural Institute of State Fire Fighting Service of Ministry for Emergency Situations of Russia, Ekaterinburg, 620062, Russia, e-mail: NMBarbin@mail.ru*

²*Ural Federal University named after the First President of Russia B.N. Yeltsin, Ekaterinburg, 620002, Russia*

³*Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, 620075, Russia*

Abstract

The purpose of the work was lead chloride preparation and recovery of pure lead metal by electrolysis of molten lead chloride salt. Electrowinning of lead from molten PbCl₂ is described. Lead chloride was obtained by hydrometallurgical processing of paste from waste lead batteries. Pure lead was obtained from PbCl₂. The electrolysis parameters are determined.

**НЕПРЕРЫВНОЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ГАЗОАНАЛИТИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ ДИНАМИЧЕСКИЕ
УСТАНОВКИ «МИКРОГАЗ–ФМ»**

З.Л. Баскин¹, А.Л. Лаптев², В.А. Логинов², С.В. Потапов²

¹*ВятГУ Кирово-Чепецкий учебный центр, г. Кирово-Чепецк, 613040, Россия,
e-mail: baskin.zakhar@mail.ru*

²*ООО СКБ «Хроманалитик», г. Кирово-Чепецк, 613040, Россия,
e-mail: skb7.info@bk.ru*

Предисловие. Новая серия динамических установок «Микрогаз-ФМ» для приготовления поверочных газовых смесей, разработанная в ООО СКБ «Хроманалитик», является модернизацией впервые созданных авторами динамических установок «Микрогаз» и «Микрогаз-Ф».

Принцип действия. Принцип действия динамических установок «Микрогаз-ФМ» заключается в непрерывном приготовлении поверочных газовых смесей (ПГС) с примесями газов, паров и аэрозолей способами смешивания потоков дозируемого газа с газом-разбавителем, диффузионного дозирования микропотоков анализируемых веществ в потоки газа-разбавителя и экспоненциально-сорбционного изменения концентрации дозируемых веществ в заданном диапазоне измерений.

Количественное диффузионное дозирование микропотоков газов, паров и аэрозолей в потоки газа-разбавителя основано на применении химически, термически, морозо- и атмосферостойких, биологически инертных газопроницаемых мембран из плавких и кристаллических фторопластов Ф-4МБ, Ф-40, Ф-4, Ф-4Д и других фторполимеров. Эти материалы сохраняют стабильную молекулярную структуру более 30 лет и были впервые применены для аналитических целей при изготовлении стабильных источников микропотоков газов, паров и аэрозолей (СИМГПА) «Микрогаз» с газопроницаемыми мембранами в форме трубок, ампул, сосудов с газопроницаемыми стенками и газопроницаемых трубок, помещенных в газонепроницаемые сосуды (диффузионных дозаторов обращенного типа).

Динамические установки «Микрогаз-ФМ» и СИМГПА «Микрогаз» в соответствии с ГОСТ 578-2014 «Государственная поверочная схема для средств измерения содержания компонентов в газовых средах» являются рабочими эталонами 1-го разряда, рабочими средствами измерений высокой, средней и низкой точности, а также техническими средствами измерений.

Динамические установки «Микрогаз-ФМ» и СИМГПА «Микрогаз» зарегистрированы в Госреестре РФ под № 68284-17, методика поверки МП 242-2080-2017.

Назначение. Основное назначение динамических установок «Микрогаз-ФМ» - метрологическое обеспечение газоаналитических измерений в условиях, соответствующих рабочим. Они предназначены для непрерывного приготовления ПГС при поверке, калибровке и проверке работы приборов технолого-аналитического, эколого-аналитического и токсиколого-аналитического контроля (ТеАК, ЭАК и ТоАК) динамических объектов в промышленности, экологии и токсикологии.

Динамические установки «Микрогаз-ФМ» с СИМГПА «Микрогаз» применяются при исследовании динамической емкости, селективности, режимов сорбции и десорбции твердых адсорбентов, предназначенных для непрерывного сорбционного пробоотбора.

Достоинства. Динамические установки «Микрогаз-ФМ» обеспечивают:

- непрерывное дозирование заданных концентраций веществ с требуемой точностью;

- получение ПГС в количествах, достаточных для многократной градуировки и проверки приборов;
- гомогенность потока ПГС;
- стабильность состава ПГС в течение длительного времени, не меньшего времени межповерочного интервала проверяемых приборов;
- устранение влияния адсорбции дозируемых компонентов ПГС на точность определения метрологических характеристик аналитических приборов и устройств;
- учет времени переходного процесса после ввода пробы ПГС до установления стабильных показаний;
- приготовление ПГС при разных значениях температуры, давления и расхода дозируемых газов;
- применение ПГС в условиях эксплуатации приборов;
- получение ПГС с микроконцентрациями коррозионно-активных и легко сорбирующихся неорганических веществ: HF, HCl, SO₂, H₂S, NO_x, NH₃ и ряда органических углеводородов: алканов, алкинов, аренов, спиртов, фенолов, их галоидопроизводных; аэрозолей;
- приготовление многокомпонентных ПГС в диапазоне ПДК веществ, у которых разные температуры кипения;
- дозирование ПГС, не подлежащих длительному хранению.

Устройства для приготовления ПГС динамическими методами технологичны в изготовлении, надежны и не трудоемки в эксплуатации.

Динамические установки «Микрогаз-ФМ» позволили:

- упростить, автоматизировать и проводить в условиях, соответствующих рабочим, поверку, проверку и градуировку газоаналитических приборов;
- осуществить диагностику автоматических хроматографов и их систем пробоотбора, применяя в качестве внутренних и внешних стандартов (источников реперных газов).

Без динамических установок «Микрогаз-ФМ» невозможно правильное определение метрологических характеристик промышленных газоаналитических приборов на промышленных предприятиях и других промышленных объектах.

Установки «Микрогаз-ФМ» прошли государственные испытания на утверждение типа средств измерений для регистрации в Государственном реестре средств измерений.

Особенности конструкции. Динамические установки «МИКРОГАЗ-ФМ» имеют лабораторную (рисунок 1) и мобильную модификации (рисунок 2), которые позволяют проводить проверку работы, калибровку и градуировку газоаналитических приборов в условиях, соответствующих рабочим.



Рис. 1. Внешний вид лабораторной модификации «Микрогаз-ФМ»

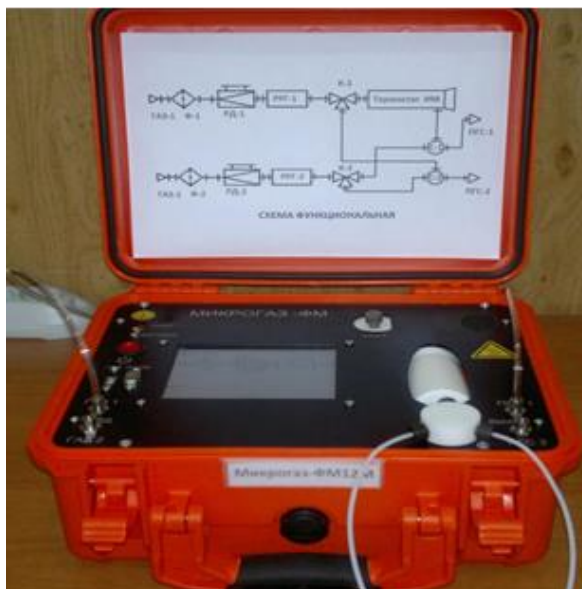


Рис. 2. Внешний вид мобильной модификации «Микрогаз-ФМ»

Все элементы газовой схемы установок «Микрогаз-ФМ», контактирующие с дозируемыми веществами, изготовлены из фторопластов Ф-4, Ф-4Д, Ф-4МБ и других фторполимеров. Это обеспечивает антикоррозионную защиту, наименьшую сорбцию дозируемых веществ и улучшает термостатирование элементов газовых схем приборов.

Микропроцессорное управление режимами работы установок «Микрогаз-ФМ» позволяет визуализировать текущие значения концентрации дозируемых компонентов, температуры в термостатах и расхода газов. Интерфейсная связь и сервисное программное обеспечение делают возможной работу установок в комплекте с ПЭВМ и дистанционную передачу данных.

На базе динамических установок «Микрогаз-ФМ», а также специализированных автоматизированных хроматографов на объектах контроля по техническим требованиям заказчика предусмотрены изготовление, поставка и наладка метрологических комплексов и стендов для решения конкретных аналитических задач.

Выбранная элементная база и конструкции газовых и электронных схем обеспечивают высокую эксплуатационную надежность установок «Микрогаз-ФМ».

Основные технические характеристики:

Диапазон установки заданного расхода газа-разбавителя в каналах: 0,12 - 150 дм³/ч;

Минимальная дискретность установки расхода газа: $0,1 \times 10^{-3}$ дм³/мин;

Предел основной допускаемой относительной погрешности поддержания заданного расхода газа-разбавителя в канале: не более $\pm 1,5\%$;

По отдельному заказу в каналы могут быть установлены регуляторы расхода с пределами основной допускаемой относительной погрешности: не более $\pm 1\%$;

Диапазон концентраций дозируемых веществ в газовых смесях: 0,01 - 100 мг/м³;

Диапазон концентраций при разбавлении исходных газовых смесей: 1×10^{-6} -99,5%;

Предел основной относительной погрешности приготовления газовых смесей: не более $\pm 2 - 7\%$;

Диапазон установки и автоматического регулирования температуры в термостате: от 10 до 120°C;

Предел основной погрешности поддержания заданной температуры в термостате: не более $\pm 0,1^\circ\text{C}$;

Максимальное количество отлаженных режимов управления установкой, сохраняемых в энергонезависимой памяти до 10;

Интерфейс связи с ПЭВМ RS232/RS485;

Время выхода установки «МИКРОГАЗ-ФМ» на режим от 0,5 до 1,5 ч (в зависимости от свойств дозируемых веществ, их концентраций и условий дозирования);

Напряжение питания переменного тока: (220 ± 15) В, 50 ± 1 Гц;

Потребляемая мощность: не более 300 Вт;

Напряжение питания постоянного тока: $12 \pm 1,5$ В;

Потребляемый постоянный ток: не более 3 А;

Время автономной работы от встроенного аккумулятора не менее 3-х часов при окружающей температуре от -5 до 35°C ;

Габаритные размеры (стационарное исполнение): не более 190x490x650 мм;

Габаритные размеры (переносное исполнение): не более 170x330x410 мм;

Масса (стационарное исполнение): не более 35 кг.

Масса (переносное исполнение): не более 5 кг.

Сервисное программное обеспечение. В установках «Микрогаз-ФМ» управление режимами работы, контроль текущего состояния, диагностика аварийных ситуаций, а также расчёт текущих концентраций компонентов в ПГС на выходе установки и их погрешностей осуществляется с помощью сервисного программного обеспечения (ПО) (рисунок 3).



Рис. 3. Внешний вид программного обеспечения

ПО организовано, как набор программных закладок, на которых сгруппированы все необходимые параметры для работы с установкой.

В ПО реализована возможность моделирования ПГС, путем задания необходимого расхода ПГС и требуемой концентрации контрольных компонентов в пределах доступного диапазона для ИМ и ПГС.

ПО автоматически производит расчёт режима установки для получения требуемой ПГС с расчётом концентраций и погрешностей по каждому компоненту.

Управление установкой возможно с лицевой панели, без участия ПЭВМ, но в этом случае некоторые функции (такие как расчёт концентраций, погрешностей и др.) оказываются недоступны.

ПО предъявляет невысокие требования к аппаратному и программному обеспечению персонального компьютера. Если ресурсов компьютера хватает для комфортной работы с Windows и офисными приложениями Microsoft, то и работа с ПО не вызовет осложнений.

Применение. Динамические установки «Микрогаз-ФМ» применяются:

- органами Ростехрегулирования для поверки и калибровки газоаналитической аппаратуры;

- органами Госсанэпиднадзора для метрологического обеспечения средств экологоаналитического контроля загрязняющих веществ в воздухе жилых и рабочих зон;

- измерительными лабораториями и испытательными центрами для проведения научных исследований, разработки методик выполнения измерений (МВИ), определения метрологических характеристик МВИ при их метрологической аттестации, а также для текущего контроля качества результатов анализов;

Динамические установки «Микрогаз-ФМ» включены в регламент проверки приборов контроля дозврывоопасных концентраций метана и других взрыво- и пожароопасных газов в воздухе рабочих зон предприятий угольной, нефтяной, химической и других отраслей промышленности.

Они пригодны для непрерывного приготовления и поддержания состава газовых смесей с известным содержанием примесей в климатических и затравочных камерах при разработке предельно допустимых концентраций (ПДК) токсичных веществ в воздухе, исследовании сорбционных свойств сорбентов, определении технических и метрологических характеристик химических и физических сенсоров; изучении метрологических характеристик биоиндикаторов и биоанализаторов.

Установки «Микрогаз-ФМ» и их предыдущие модели более 40 лет успешно применяются на ООО «ГалоПолимер-Кирово-Чепецк», известных предприятиях: ФГУП «Уральский электролизный химический комбинат» (г. Новоуральск), ОАО «Чепецкий механический завод» (г. Глазов), ОАО «Акрон» (г. Великий Новгород), ФГУ КЦСМ (г. Киров), и многих других.

Изготовитель. Общество с ограниченной ответственностью СКБ «Хроманалитик» г. Кирово-Чепецк.

Список литературы:

1. Баскин З.Л. Промышленный аналитический контроль. Хроматографические методы анализа фтора и его соединений: монография, - М.: Энергоатомиздат, 2008, - 244с.: ил.
2. Баскин З.Л. Непрерывные хроматографические методы анализа: монография, - г. Киров: научное изд-во ВятГУ, 2017, - 230 с.: ил.
3. Баскин З.Л. Непрерывный хроматографический мониторинг загрязнения воздуха и выбросов: учебно-методическое пособие, - г. Киров: научное изд-во ВятГУ, 2018, - 200 с.: ил.

CONTINUOUS METROLOGICAL SUPPORT OF GAS ANALYTICAL MEASUREMENTS DYNAMIC INSTALLATIONS “MICROGAZ-FM”

Z.L. Baskin¹, A.L. Laptev², V.A. Loginov², S.V. Potapov²

¹*VSU Kirovo-Chepetsky Training Center, Kirovo-Chepetsk, 613040, Russia, e-mail: baskin.zakhar@mail.ru*

²*SKB Chromanalytic, Kirovo-Chepetsk, 613040, Russia, e-mail: skb7.info@bk.ru*

Abstract

The main purpose of the Mikrogaз-FM dynamic units is the metrological support of gas-analytical measurements under conditions appropriate to the workers. They are designed for the continuous preparation of calibration gas mixtures during calibration, calibration and verification of the operation of technological, analytical, environmental, analytical and toxicological and analytical instruments of dynamic objects in industry, ecology and toxicology.

Dynamic installations «Microgas-FM» with SIMGPA «Microgas» are used in the study of dynamic capacity, selectivity, sorption modes and desorption of solid adsorbents, intended for continuous sorption sampling.

The principle of operation of the «Microgas-FM» dynamic units consists in the continuous preparation of calibration gas mixtures with impurities of gases, vapors and aer-

osols by means of mixing flows of the dosed gas with the diluent gas, diffusion dosing of the microflows of the analyzed substances into the diluent gas and the exponential sorption flow changes in the concentration of the dosed substances in a given measurement range.

Quantitative diffusion dosing of microflows of gases, vapors and aerosols into the diluent gas flows is based on the use of chemically, thermally, frost and weather-resistant, biologically inert gas-permeable membranes made of fusible and crystalline fluoroplasts F-4MB, F-40, F-4, F-4D and other fluoropolymers. These materials retain a stable molecular structure for more than 30 years and were first used for analytical purposes in the manufacture of stable sources of microflows of gases, vapors and aerosols (SIMGPA) «Microgas» with gas-permeable membranes in the form of tubes, ampoules, gas-permeable vessels and gas-permeable tubes placed in gas-tight vessels (diffusion dispensers of reversed type).

НЕПРЕРЫВНЫЙ ХРОМАТОГРАФИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ СОСТАВА, РАСХОДА И КОЛИЧЕСТВА ВЫБРОСНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ГАЗОВ

З.Л. Баскин¹, А.Л. Лаптев², В.А. Логинов², С.В. Потапов²

¹ВятГУ, Кирово-Чепецкий учебный центр, г. Кирово-Чепецк, 613040, Россия,
e-mail: baskin.zakhar@mail.ru

²ООО СКБ «Хроманалитик», г. Кирово-Чепецк, 613040, Россия,
e-mail: skb7.info@bk.ru

Выбросные газы технологических процессов в химии, металлургии, энергетике и других отраслях промышленности – это не стабильные динамические объекты контроля, которые изменяют во времени свои параметры в течение цикла работы. Контроль состава и свойств таких динамических объектов должен быть непрерывным промышленным: автоматическим или автоматизированным. Один из главных объектов эколого-аналитического контроля (ЭАК) загрязнения атмосферного воздуха – источники выбросов. Задача ЭАК – определение состава и количества содержащихся в них загрязняющих веществ (ЗВ). Эту задачу следует решать путем измерения экологически значимых параметров технологических процессов, связанных с появлением ЗВ, прежде всего состава, расхода и количества выбросных технологических газов, прошедших очистку от ЗВ – организованных выбросов. Известны два подхода к нормированию выбросов ЗВ. **Первый подход:** контролируют количество ЗВ, поступающих в окружающую среду в единицу времени (г/с, кг/ч, т/год) от каждого источника выбросов. Общее количество выброса ЗВ не должно оказывать отрицательного воздействия на природные экосистемы, в том числе на человека, то есть критерием допустимого количества выбросов является **ассимиляционный потенциал территории:** промышленной зоны, города, области, региона, государства. Исходя из него, определяют общее количество ЗВ, которое допускается выбрасывать на каждой территории и устанавливаются квоты на выбросы каждому предприятию. Такой подход принят в ряде стран Западной Европы, в Японии. Он обусловлен относительно малыми территориями многих государств, большой плотностью населения, трансграничным переносом ЗВ в атмосфере и другими экологическими факторами. **Второй подход,** принятый, в частности, в России, состоит в том, что определяют санитарно-гигиенические нормативы **концентрации** выбросов ЗВ. Суммарная концентрация выбросных газов от каждого источника выбросов в атмосферном воздухе контролируемой жилой или природной зоны (Σc_i) не должна превышать среднесуточных предельно-допустимых значений концентрации (ПДК_{ав сс}). $\Sigma c_i \leq \text{ПДК}_{\text{ав сс}}$ – **критерий концентрационного подхода.** При этом не учитывается ассимиляционный потенциал территории, поэтому в случае работы нескольких предприятий с несколькими источниками выбросов в пределах ПДК_{ав сс} на каждом из них, допускается превышение ПДК_{ав сс} ЗВ в воздухе контролируемой территории. Существенные недостатки второго подхода к контролю выбросов:

1- количество выброса ЗВ на выходе каждого источника не измеряется, а рассчитывается на основе результатов периодических определений концентрации ЗВ. Системы очистки выбросных газов относятся к нестационарным системам, поскольку изменения количества ЗВ, поступающих на очистку, носят случайный характер и производительность систем не стабильна во времени;

2- пробы газов для анализа ЗВ отбирают в случайные моменты времени, не связанные с характером технологических процессов и особенностями функционирования оборудования. При этом значения расхода выбросных газов выбирают постоянными по паспортной производительности насосов и компрессоров систем очистки

или устанавливают путем периодических измерений расходов выбросных газов анемометрами, трубками Пито и другими лабораторными приборами;

3- допускается недопустимо большая погрешность при расчете количества ЗВ в выбросных газах, что приводит к загрязнению и отчуждению больших территорий, отводимых под санитарно-защитные селитебные и природные зоны;

4- второй подход допускает злоупотребления в статистическом учете количества выбросов ЗВ. Это одна из причин постоянного роста числа городов и промышленных зон с неблагоприятными для жизни человека условиями [1,2,3].

Разработан способ достоверного промышленного автоматического или автоматизированного газохроматографического контроля и статистического учета состава, расхода и количества ЗВ в выбросных технологических газах [3]. Он основан на том, что в контролируемый газовый поток добавляют известный постоянный микропоток газа-метки, перемешивают их, непрерывно или периодически отбирают пробы сконцентрированных примесей и газа-метки и, анализируя их газохроматографическим методом, определяют состав ЗВ и концентрацию каждого компонента смеси, включая газ-метку. По концентрации газа-метки определяют расход выбросного газа за цикл отбора пробы и рассчитывают количество каждого выбрасываемого ЗВ и их общую массу за этот период. Правильный непрерывный автоматический газохроматографический контроль нестационарных потоков технологических выбросных газов обеспечила измерительная система, функциональная схема которой приведена на рисунке 1.

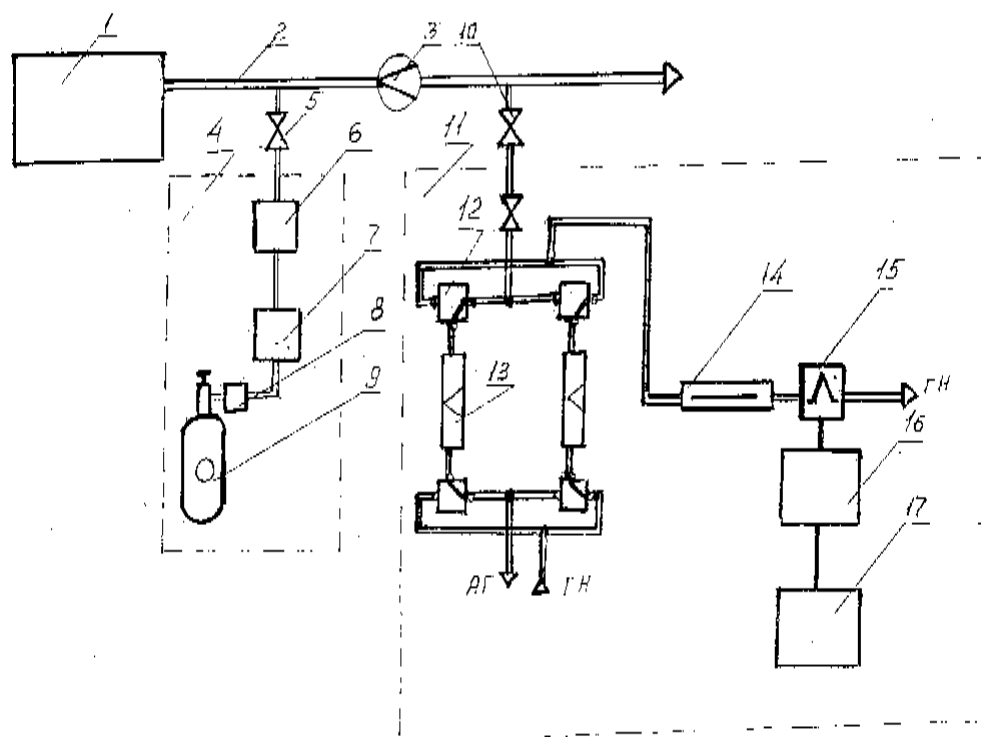


Рис. 1. Хроматографическая установка для контроля состава, расхода и количества выбросных газов. Схема функциональная. 1-технологическое оборудование, 2- трубопровод выбросных газов, 3- сужающее устройство для перемешивания выбросных газов, 4- устройство дозирования газа-метки, 5- вентиль, 6- ротаметр, 7- регулятор расхода газа-метки, 8- редуктор, 9- емкость с газом-меткой, 10- вентиль, 11- газовый хроматограф «ТОКСИГАЗ-ФП», 12- переключающее устройство, 13- пробоотборные сорбционные трубки (ПСТ), 14- хроматографическая колонка, 15- детектор, 16- регистрирующее устройство, 17- устройство обработки данных.

Она содержит устройство для дозирования в контролируемый газовый поток известного постоянного потока газа-метки (4) и газовый хроматограф с непрерывным сорбционным пробоотбором (НСП) (11). Выбросные газы из технологического аппа-

рата (1) выбрасываются по трубе (2). В эту трубу из баллона (9) через редуктор (8), регулятор расхода (7), индикатор расхода (6) и вентиль (5) непрерывно подается газ-метка с известным массовым расходом. С помощью сужающего устройства (3) он перемешивается с выбросными газами. Из полученной газовой смеси непрерывно через вентиль (10), переключатель (12) в пробоотборную сорбционную трубку (ПСТ) (13) отбираются анализируемые газы. Используются две ПСТ, которые поочередно включаются контур адсорбции или в контур анализа. Сконцентрированные примеси из ПСТ в контуре анализа периодически кратковременным нагревом ПСТ десорбируются в хроматографическую колонку (14), разделяются на отдельные компоненты и детектируются детектором (15). Сигналы детектора регистрируются самопишущим прибором (16) и обрабатываются вычислительным устройством (17). По концентрации газа-метки рассчитывается расход выбросных газов, а зная их состав, определяется количество каждого анализируемого ЗВ и вычисляются достоверные средние значения количества выбросов за каждый цикл анализа, смену, сутки или другой отчетный период [3].

Закключение. Непрерывный хроматографический контроль состава, расхода и количества выбросных технологических газов информативнее, достовернее и дешевле периодического лабораторного хроматографического анализа их концентрации с отбором случайных непредставительных разовых проб.

Для широкого практического внедрения непрерывных методов и средств контроля выбросных технологических газов необходимы новые нормативные документы, регламентирующие их применение.

Список литературы:

1. Баскин З.Л. Промышленный аналитический контроль. Хроматографические методы анализа фтора и его соединений: монография, - М.: Энергоатомиздат, 2008, - 244с.: ил.
2. Баскин З.Л. Непрерывные хроматографические методы анализа: монография, - г. Киров: научное изд-во ВятГУ, 2017, - 230 с.: ил.
3. Баскин З.Л. Непрерывный хроматографический мониторинг загрязнения воздуха и выбросов: учебно-методическое пособие, - г. Киров: научное изд-во ВятГУ, 2018, - 200 с.: ил.

**CONTINUOUS CHROMATOGRAPHIC MONITORING OF COMPOSITION,
COSTS AND QUANTITY OF EMISSIVE TECHNOLOGICAL GASES**

Z.L. Baskin¹, A.L. Laptev², V.A. Loginov², S.V. Potapov²

¹*VSU Kirovo-Chepetsky Training Center, Kirovo-Chepetsk, 613040, Russia,
e-mail: baskin.zakhar@mail.ru*

²*SKB Chromanalytic, Kirovo-Chepetsk, 613040, Russia, e-mail: skb7.info@bk.ru*

Abstract

On Kirovo-Chepetsk chemical combin description method of continuous chromatographical determination of composition, expense and quantity throw out technical gases and special automatical chromatograph, in it realization. It is based on the fact that a known constant microflow of the label gas is added to the controlled gas flow, mixed, continuously or periodically sampled concentrated impurities and label gas, and analyzing them using gas chromatography, determine the composition of pollutants and the concentration of each component of the mixture, including gas –mark. The concentration of the gas markers determine the discharge gas flow rate for the sampling cycle and calculate the amount of each emitted pollutant and their total mass for this period.

О НЕОБХОДИМОСТИ НЕПРЕРЫВНОГО ХРОМАТОГРАФИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ПРОЦЕССОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА

З.Л. Баскин¹, А.Л. Лаптев², В.А. Логинов², С.В. Потапов²

¹ВятГУ Кирово-Чепецкий учебный центр, г. Кирово-Чепецк, 613040, Россия,
e-mail: baskin.zakhar@mail.ru

²ООО СКБ «Хроманалитик», г. Кирово-Чепецк, 613040, Россия,
e-mail: skb7.info@bk.ru

От периодического определения состава не представительных разовых проб загрязняющих веществ в воздухе необходимо переходить к непрерывному контролю процессов загрязнения воздушной среды.

Предисловие. Обеспечение безопасности химических производств и людей, работающих на них и живущих в промышленных зонах, начинается с измерения степени загрязнения воздуха, воды, почвы. Если загрязнение почвы и воды, носящее часто локальный характер, еще допустимо определять периодически и исключать использование их без очистки, то загрязнение воздуха и выбросов необходимо анализировать непрерывно, так как оно носит случайный или стихийный характер, не знает границ и практически невозможно исключать воздействие загрязненного воздуха на человека. Действующие в РФ системы государственных стандартов в области охраны атмосферы и безопасности труда, стандарты ИСО и АСТМ по контролю качества воздуха, руководства по контролю загрязнения атмосферы и методики выполнения измерений регламентируют периодический отбор и анализ не представительных разовых проб, не связанных с техническими характеристиками и особенностями функционирования контролируемых объектов. При этом остается неизвестным загрязнение объектов в периоды между отбором проб. Но по полученным данным рассчитываются среднесуточные, среднемесячные и среднегодовые значения загрязнения воздуха и принимаются неверные технические и управленческие решения. *Такой контроль недопустим.* На Кирово-Чепецком химическом комбинате благодаря системному подходу к решению экологических проблем была разработана и применена в производствах концепция непрерывного промышленного эколого-аналитического контроля воздушной среды [1,2,3].

Статические и динамические объекты контроля. Все окружающие нас антропогенные, техногенные и природные объекты делятся на статические и динамические. Статические объекты стабильны во времени, не изменяют свои параметры в течение цикла работы или хранения и могут контролироваться периодически. Это вещества, материалы, изделия, технологическое оборудование, здания, сооружения. Динамические объекты не стабильны во времени и изменяют свои параметры в течение цикла работы. Это технологические процессы в различных отраслях промышленности, сельского и коммунального хозяйства. Это биотические и абиотические процессы в биосфере, часто обусловленные антропогенными факторами и воздействиями. Контроль состава и свойств динамических объектов должен быть непрерывным промышленным: автоматическим или автоматизированным. Этот системный подход необходимо применять при мониторинге загрязнения динамических объектов воздушной среды. Основные задачи эколого-аналитического и технологического контроля (ЭАК и ТеАК) примесей загрязняющих веществ (ЗВ) в воздухе: 1-определение источников загрязнения, прежде всего контроль организованных выбросов и утечек из технологического оборудования – неорганизованных выбросов; 2-мониторинг загрязнения воздуха рабочих, производственных, санитарно-защитных, жилых и природных зон; 3- мониторинг загрязнения выбросных тех-

нологических газов. Общий алгоритм ЭАК и ТоАК динамических объектов загрязнения воздуха: 1-пробоотбор, 2-анализ отобранных проб, 3-обработка результатов анализов, 4-метрологическое обеспечение измерений. Пробоотбор – наиболее трудоемкая и наименее точная операция газоаналитического контроля. Более 90% суммарной погрешности измерений связаны с пробоотбором. По времени отбора проб способы пробоотбора разделяют на разовый мгновенный пробоотбор – РМП, разовый сорбционный пробоотбор – РСП, непрерывный пробоотбор – НП и непрерывный сорбционный пробоотбор – НСП. В промышленном газоаналитическом контроле непрерывный сорбционный пробоотбор (НСП) обеспечивает отбор наиболее представительных проб и требуемую чувствительность определения анализируемых веществ. НСП позволяет автоматизировать анализ и сделать его непрерывным. НСП – это процесс непрерывного концентрирования примесей определяемого вещества (АВ) из контролируемой газовой смеси на селективном преимущественно твердом сорбенте. НСП, осуществляемый за счет диффузии молекул АВ из контролируемой среды в слой сорбента под действием градиента его концентрации в среде и сорбенте, назван пассивным сорбционным пробоотбором (ПСП). НСП постоянного контролируемого газового потока, проходящего через слой сорбента, назван активным сорбционным пробоотбором (АСП) [1,2].

Требования к пробоотбору в ЭАК и ТеАК. Пробоотбор должен обеспечивать достоверное определение случайно появившихся примесей анализируемых веществ в контролируемом объекте и представительность отобранных проб за цикл контроля. Цикл пробоотбора должен быть выбран с учетом особенностей функционирования контролируемого объекта. Пробоотбор примесей газов с концентрацией менее 0,01 % об. должен производиться динамическими методами. Для каждого объекта контроля должны быть выбраны значимые критерии пробоотбора, учитывающие его динамические характеристики. Пробоотборные устройства для НСП должны быть техническими средствами измерений с нормируемыми техническими и метрологическими характеристиками [1].

Непрерывные хроматографические методы анализа загрязняющих веществ в воздухе. Для обеспечения надежного непрерывного определения примесей токсичных фторорорганических соединений и фтористого водорода в воздухе рабочих зон на Кирово-Чепецком химическом заводе 50 лет назад были созданы новые хроматографические методы и системы анализа типа «искусственный нос» (электронный нос), основанные, как и системы обоняния человека и животных, на непрерывной сорбции микроколичеств анализируемых токсичных веществ из контролируемого потока воздуха, разделении (идентификации) сконцентрированных примесей и детектировании (индикации) их, когда концентрация этих веществ превышает порог чувствительности системы. Разработанные методы были названы непрерывными хроматографическими методами анализа – НХМА [2,3].

Способы непрерывного хроматографического анализа примесей ЗВ в газах представлены на рисунках 1 и 2.

Автоматизированный пробоотбор среднесменных проб воздуха рабочих зон и среднесуточных проб атмосферного воздуха в жилых зонах представлен на рисунках 3 и 4.

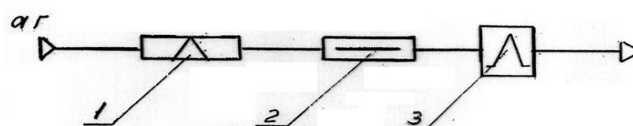


Рис.1. Способ одноканального хроматографического анализа примесей в газовом потоке.

1 – адсорбционная колонка; 2 – хроматографическая колонка; 3 – детектор;

АГ – анализируемый газ (воздух).

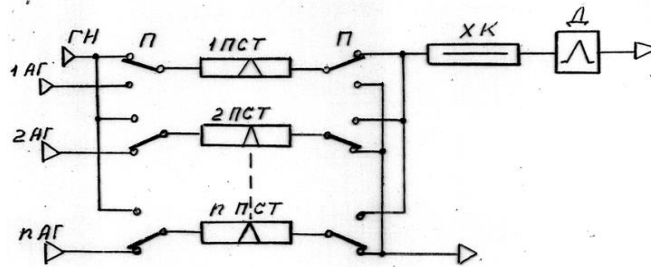


Рис. 2. Способ многоканального хроматографического анализа примесей в газовых потоках. ПСТ – nПСТ – пробоотборные сорбционные трубки; П – переключатель; ХК – хроматографическая колонка; Д – детектор; ГН – газ-носитель, 1АГ - nАГ – анализируемые газы

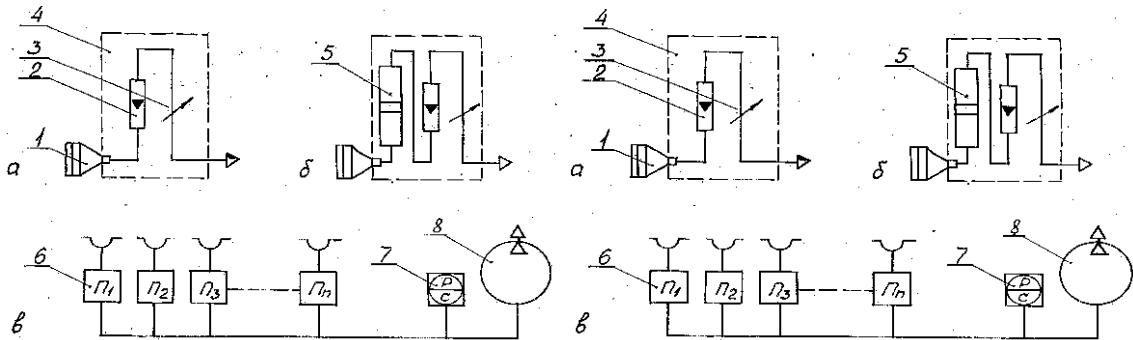


Рис. 3. Автоматизированные пробоотборники среднесменных проб воздуха типа АПВ: 1-пробоотборный фильтр аэрозолей; 2- ротаметр; 3-регулирующий дроссель; 4- пробоотборная панель; 5- адсорбционная колонка; 6- пробоотборные устройства АПВ; 7- вакуумметр регистрирующий; 8- вакуум-насос.

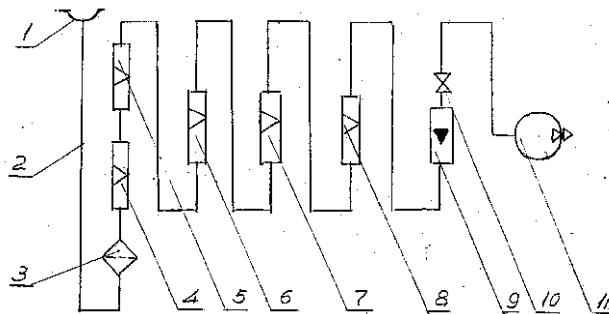


Рис.4. Схема автоматизированного пробоотборного устройства АПУ для НСП среднесуточных проб атмосферного воздуха в жилых зонах: 1- воздухозаборник; 2- пробоотборная линия; 3- фильтр аэрозолей; 4- трубка сорбционная катионов; 5- трубка сорбционная анионов; 6, 7, 8- трубки сорбционные газов; 9- ротаметр; 10- регулирующий дроссель; 11- вакуум-насос.

Метрологическое обеспечение НХМЗВ. Способы анализа, реализованные в приборах, основанных на НХМА, корректны, потому что их метрологическое обеспечение – проверка работы и градуировка – производится динамическими методами в условиях, соответствующих рабочим. Разработаны и применены стандартные образцы микропотоков газов, паров и аэрозолей и способы непрерывного динамического приготовления поверочных газовых смесей (ПГС) путем смешивания газовых потоков, диффузионного дозирования и экспоненциально-сорбционного разбавления анализируемых веществ. Наибольшее применение получили диффузионные дозаторы – фторопластовые стабильные источники микропотоков газов, паров и аэрозолей СИМПГПА «Микрогаз» и фторопластовые динамические установки «Микрогаз-ФМ» для непрерывного приготовления ПГС. Они сертифицированы Госстандартом РФ и включены в Госреестр средств измерений. На основе СИМПГПА «Микрогаз» разработаны рабочие меры (меры сравнения) для повседневного контроля работы газоаналитических приборов. Способы анализа, реализованные в приборах, основанных на НХМА, корректны, потому что их метрологическое обеспечение –

проверка работы и градуировка – производятся динамическими методами в условиях, соответствующих рабочим. Разработаны и применены стандартные образцы микропотоков газов, паров и аэрозолей и способы непрерывного динамического приготовления поверочных газовых смесей (ПГС) путем смешивания газовых потоков, диффузионного дозирования и экспоненциально-сорбционного разбавления анализируемых веществ. Наибольшее применение получили диффузионные дозаторы – фторопластовые стабильные источники микропотоков газов, паров и аэрозолей СИМПГПА «Микрогаз» и фторопластовые динамические установки «Микрогаз-ФМ» для непрерывного приготовления ПГС. Они сертифицированы Госстандартом РФ и включены в Госреестр средств измерений. На основе СИМПГПА «Микрогаз» разработаны рабочие меры (меры сравнения) для повседневного контроля работы газоаналитических приборов [1,2,3].

Заключение. Непрерывный хроматографический мониторинг загрязнения воздушной среды – основа безопасности жизнедеятельности людей. Он информативнее, достовернее и дешевле периодического лабораторного хроматографического анализа загрязнения воздуха и выбросных газов с отбором не представительных случайных разовых проб.

Только непрерывный хроматографический мониторинг загрязнения динамических объектов воздушной среды может обеспечить промышленную, экологическую, токсикологическую и энергетическую безопасность людей на производстве и в быту.

Для широкого внедрения в практику НХМЗВ и технических средств измерений на их основе необходимы новые нормативные документы, регламентирующие их применение.

Список литературы:

1. Баскин З.Л. Промышленный аналитический контроль. Хроматографические методы анализа фтора и его соединений: монография, - М.: Энергоатомиздат, 2008, - 244с.: ил.
2. Баскин З.Л. Непрерывные хроматографические методы анализа: монография, - г. Киров: научное изд-во ВятГУ, 2017, - 230 с.: ил.
3. Баскин З.Л. Непрерывный хроматографический мониторинг загрязнения воздуха и выбросов: учебно-методическое пособие, - г. Киров: научное изд-во ВятГУ, 2018, - 200 с.: ил.

ON THE NEED FOR CONTINUOUS CHROMATOGRAPHIC MONITORING OF AIR POLLUTION PROCESSES

Z.L. Baskin¹, A.L. Laptev², V.A. Loginov², S.V. Potapov²

¹*VSU Kirovo-Chepetsky Training Center, Kirovo-Chepetsk, 613040, Russia, e-mail: baskin.zakhar@mail.ru*

²*SKB Chromanalytic, Kirovo-Chepetsk, 613040, Russia, e-mail: skb7.info@bk.ru*

Abstract

The system of state standards for the protection of the atmosphere and occupational safety in the Russian Federation, ISO and ASTM standards for air quality control, guidelines for the control of air pollution and measurement procedures regulate the periodic selection and analysis of non-representative one-off samples not related to technical characteristics and features of functioning controlled objects. At the same time, the contamination of objects during the periods between sampling remains unknown. But according to the data obtained, average daily, monthly average and annual average values of air pollution are calculated and wrong technical and management decisions are made. Such control is invalid. At the Kirovo-Chepetsk Chemical Combin, thanks to a systematic approach to solving environmental problems, the concept of continuous industrial environmental-analytical control of the air environment was developed and applied in production.

УДК 621.039

КОМПЛЕКСНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ НА ОХРАНЕ СЛОЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

А.В. Башаричев¹, В.Я. Сиротюк¹, Д.Ю. Минкин²

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Научно-исследовательский центр «Курчатовский институт –
Петербургский институт ядерной физики», г. Гатчина 188300, Россия,
e-mail: basharichev_av@npi.nrcki.ru, sirotiuk_via@npi.nrcki.ru

²Партнёр

В настоящее время во всем мире и в Российской Федерации в том числе для определения опасности сложных технологических объектов (далее - СТО) используется чаще всего риск-ориентированный подход (далее — РОП).

Основная задача РОП состоит в достижении поставленных целей за счет снижения рисков. Высокую популярность РОП (по сравнению с традиционным контролем) обеспечивает его сосредоточенность на зонах повышенного риска, что позволяет вовремя принять превентивные меры, выявить и устранить слабые места с целью недопущения реализации риска.

Постановлением Правительства РФ от 16.02.2017 № 197 установлены категории деятельности работодателей по группам риска. В зависимости от присвоенной категории риска в отношении деятельности работодателей проводятся плановые проверки с разной периодичностью.

Однако, на наш взгляд РОП не является тем универсальным инструментом, при помощи которого возможно решить вопросы безопасности СТО в целом. Мы предлагаем подходить к решению вопросов безопасности комплексно.

Основной проблемой, препятствующей достижению передового уровня исследований и разработок, обеспечивающих конкурентоспособность Российской Федерации на приоритетных научно-технологических направлениях в области комплексной безопасности СТО, является несбалансированность сектора исследований и разработок, недостаточная проработанность механизмов его стратегического развития, что, в свою очередь, порождает ряд проблем, требующих разрешения, а именно:

- отсутствует комплексный подход к решению проблем безопасности СТО;
- отсутствует системное планирование и координация прикладных исследований и разработок в области комплексной безопасности СТО, выполняемых за счет бюджетных средств;
- недостаточно активное участие промышленных компаний, включая компании с государственным участием, и инвестиционных институтов в финансировании прикладных научных исследований и экспериментальных разработок, направленных на создание продукции и технологий в области комплексной безопасности;
- значительное влияние человеческого фактора на безопасность сложных технологических объектов, требующее внедрения автоматизированных систем принятия решений и повышения уровня квалификации персонала;
- возрастание угроз терроризма и террористических актов, влияющих на состояние защищенности жизненно важных СТО.

Получение результатов прикладных научных исследований и экспериментальных разработок, направленных на создание продукции и технологий в области комплексной безопасности, является необходимым условием обеспечения устойчивого функционирования и развития отраслей экономики. При отсутствии системной поддержки становится значительной вероятность развития событий по

негативному сценарию, который характеризуется консервацией нынешнего состояния в государственном секторе исследований и разработок, сохранением низкого уровня эффективности использования результатов фундаментальных и поисковых исследований в прикладных научных исследованиях и экспериментальных разработках, нарастанием разрыва между спросом на инновации со стороны отраслей экономики и их предложением со стороны сектора исследований и разработок.

При этом в качестве базового за основу принимается понятие «Комплексная безопасность СТО», включающее в себя совокупность технических средств, систем и предусмотренных законодательством мер, мероприятий с целью снижения рисков возникновения аварийных и нештатных ситуаций, а также на устранение последствий техногенных и природных факторов, человеческого фактора и террористических действий.

С учетом изложенного понятие «Комплексная безопасность СТО» можно условно разделить на целый ряд подсистем.

Таким образом, комплексная безопасность СТО - важнейший аспект социально-экономического развития страны и ее национальной безопасности. Для достижения этого вопросы единого представления и повышения общей культуры комплексной безопасности должны стать национальным проектом.

Для достижения поставленной цели необходимо решение следующих основных задач:

- проведение анализа существующих методов и технических средств обеспечения комплексной безопасности СТО;

- определение недостатков и пробелов в обеспечении комплексной безопасности СТО;

- определение требующих развития направлений исследований и технических разработок для обеспечения комплексной безопасности СТО;

- разработка системного подхода и долгосрочного плана проведения работ по обеспечению комплексной безопасности СТО;

- поддержка прикладных научных исследований и экспериментальных разработок, в том числе межведомственного характера, направленных на создание продукции и технологий для повышения устойчивого функционирования СТО, выполняемых по приоритетам развития научно-технологической сферы с использованием результатов фундаментальных и поисковых исследований;

- обеспечение возможности решения сектором исследований и разработок качественно новых по объему и сложности научно-технологических задач, а также повышение результативности выполняемых исследований и разработок в области комплексной безопасности СТО;

- обеспечение системного планирования и координации исследований и разработок на основе выстраивания системы приоритетов развития научно-технологической сферы, опирающейся на систему технологического прогнозирования и учитывающей конкурентные преимущества в различных областях науки в области комплексной безопасности СТО.

Для осуществления решения вопросов комплексной безопасности необходимо разработать программу её реализации (далее – Программа) с постановкой задач для решения, разбив её на несколько этапов.

Основной целью первого этапа Программы должна стать закладка основ стратегического развития сектора прикладных научных исследований и разработок в области комплексной безопасности СТО.

Для достижения указанной цели предусмотреть решение следующих задач по:

- развитию практики применения различных инструментов реализации научно-технических проектов;

- созданию и развитию системы директивного формирования тематики, координации и планирования исследований и разработок, при которой формирование тематики осуществляется внутри приоритетов, сформированных на основе результатов среднесрочного и долгосрочного научно-технологического прогнозирования и с учетом результатов межведомственного взаимодействия;

- формированию и обеспечению полноценного функционирования системы среднесрочного и долгосрочного научно-технологического прогнозирования, направленной на формирование приоритетов научно-технического развития;

- формированию системы тематических приоритетов научно-технологического развития на основе среднесрочных и долгосрочных прогнозов с учетом потребностей институциональных заказчиков, конкурентных преимуществ в различных областях комплексной безопасности;

- увеличению объема полученных в рамках Программы результатов исследований и разработок, принятых к дальнейшей реализации в организациях корпоративного и государственного сектора;

- увеличению публикационной и патентной активности российских исследователей, в том числе международной;

- обеспечению повышения качества кадрового состава научных организаций, выполняющих прикладные научные исследования и экспериментальные разработки, направленные на создание продукции и технологий, а также в части развития навыков коммерциализации результатов исследований и разработок.

Основной целью последующих этапов Программы должно стать формирование сбалансированного и устойчиво развивающегося сектора прикладных научных исследований и разработок в области комплексной безопасности СТО.

Для достижения указанной цели предусмотреть решение следующих задач:

- развитие практики применения и обеспечения перехода на преимущественное финансирование работ, выполняемых в рамках комплексных программ исследований и разработок по приоритетам развития научно-технологической сферы;

- проведение многопрофильных, многометодовых, междисциплинарных и межведомственных исследований и разработок на основе развивающейся инфраструктуры сектора исследований и разработок;

- обеспечение коммерциализации продукции и технологий, созданных в ходе выполнения прикладных научных исследований и экспериментальных разработок, включая промышленное производство инновационной продукции.

При этом в качестве приоритетных в Программе принимаются следующие направления:

- создание перспективных технологий и материалов, новых продуктов и услуг, оборудования и систем, обеспечивающих повышение комплексной безопасности сложных технологических объектов, в том числе, и за счет прогнозирования и предупреждения аварийных и чрезвычайных ситуаций на основе анализа и управления рисками в первую очередь на объектах закрытого рынка;

- разработка методов, методик, средств реабилитации территорий и минимизации нанесенного ущерба от воздействия неблагоприятных техногенных факторов;

- совершенствование нормативной правовой базы, технических регламентов и стандартов в области комплексной безопасности СТО.

При реализации мероприятий Программы не исключены негативные последствия в связи с существованием специфических для Программы рисков.

Неотъемлемой составляющей механизма реализации Программы является использование современной системы независимой экспертизы на всех стадиях реализации Программы, позволяющей отбирать наиболее перспективные проекты

для государственного финансирования, проводить независимую объективную оценку конкурсных заявок в целях выявления победителей, предложивших лучшие условия выполнения проектов, и осуществлять эффективную экспертную проверку качества полученных результатов. Отбор проектов в структурообразующих блоках Программы имеют сквозной характер и основываются на принципах объективности, компетентности и независимости. В рамках реализации Программы также обеспечивается проведение мониторинга финансируемых проектов.

Управление реализацией Программы предусматривает создание научно-координационного совета, в состав которого включаются ученые и специалисты в соответствующих областях, представители предпринимательского сообщества и заинтересованных федеральных органов исполнительной власти.

Для обеспечения оперативной и качественной подготовки принимаемых решений научно-координационный совет Программы формирует рабочие (экспертные) группы научно-координационного совета по приоритетным направлениям и мероприятиям Программы. При научно-координационном совете Программы формируются консультативные рабочие группы, обеспечивающие межведомственное взаимодействие в рамках тематических направлений.

Основным результатом реализации Программы должно стать обеспечение ускоренного технологического развития отраслей экономики благодаря получению результатов исследований и разработок с множественными прикладными приложениями в области комплексной безопасности СТО, востребованности результатов прикладных научных исследований и разработок, направленных на создание продукции и технологий.

Программа обеспечит вклад в достижение стратегических целей социально-экономического развития Российской Федерации на долгосрочную перспективу и повлияет на динамику таких показателей достижения стратегических целей социально-экономического развития, как:

- рост доли внутренних затрат на исследования и разработки в процентах валового внутреннего продукта;
- рост коэффициента изобретательской активности;
- рост доли Российской Федерации в общемировом количестве публикаций в научных журналах, индексируемых в базе данных «Сеть науки» (WEB of Science);
- рост числа цитирований в расчете на 1 публикацию российских исследователей в научных журналах, индексируемых в базе данных «Сеть науки» (WEB of Science);
- рост доли исследователей в возрасте до 39 лет от общей численности исследователей;
- увеличение объема внебюджетных средств в общем объеме внутренних затрат на исследования и разработки.

COMPREHENSIVE SECURITY FOR THE PROTECTION OF COMPLEX PRODUCTION FACILITIES

A.V. Basharichev¹, V.Y. Sirotiuk¹, D.Yu. Minkin²

¹*Federal state budgetary institution "Research center "Kurchatov Institute – St. Petersburg Institute of nuclear physics", Gatchina 188300, Russia, e-mail: basharichev_av@pnpi.nrcki.ru, sirotiuk_via@pnpi.nrcki.ru*

²*Partner*

Abstract

The main problem hindering the achievement of the advanced level of research and development, ensuring the competitiveness of the Russian Federation in the priority scientific and technological areas in the field of integrated security of complex technological facilities, is the imbalance of the research and development sector, as well as

the lack of elaboration of mechanisms for its strategic development, which, in turn, creates a number of problems that require resolution, including:

- there is no comprehensive approach to solving the security problems of complex technological objects;
- there is no systematic planning and coordination of applied research and development in the field of complex security of complex technological objects performed at the expense of budgetary funds;
- lack of active participation of industrial companies, including companies with state participation, and investment institutions in the financing of applied research and experimental development aimed at the creation of products and technologies in the field of integrated security;
- significant influence of the human factor on the safety of complex technological objects, requiring the introduction of automated decision - making systems and staff training;
- increasing threats of terrorism and terrorist acts affecting the security of vital complex technological facilities.

Thus, the complex security of complex technological facilities is an important aspect of the socio-economic development of the country and its national security. To achieve this, the issues of a common vision and a common culture of integrated security should become a national project.

In order to address the issues of integrated security, it is necessary to develop a program for its implementation with the formulation of tasks for solving and breaking it into several stages and blocks.

The program will contribute to the achievement of strategic goals of socio-economic development of the Russian Federation in the long term and will affect the dynamics of such values of indicators of achievement of strategic goals of socio-economic development, as:

- increase in the share of domestic research and development expenditure as a percentage of gross domestic product;
- growth of inventive activity coefficient;
- the growing share of the Russian Federation in the global number of publications in scientific journals indexed in the database "science Network" (WEB of Science);
- growth in the number of citations per 1 publication of Russian researchers in scientific journals indexed in the database "science Network" (WEB of Science);
- increase in the share of researchers under 39 years of age in the total number of researchers;
- reducing the average age of researchers;
- increase in extrabudgetary funds in total domestic research and development costs.

ИЗВЛЕЧЕНИЕ СВИНЦА СОРБЕНТАМИ ИМПРЕГНИРОВАННОГО ТИПА НА ОСНОВЕ ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Н.А. Бежин^{1,2}, И.И. Довгий^{2,3}, В.В. Милютин⁴, В.Е. Баулин^{4,5}, А.А. Выдыш^{1,2},
В.С. Янковская²

¹ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,
Севастополь, 299053, Россия, e-mail: nickbezhin@yandex.ru

²ООО «МИП «Сорбентэкс», Севастополь, 299011, Россия

³ФГБУН ФИЦ «Морской гидрофизический институт РАН»,
Севастополь, 299011, Россия, e-mail: dovhyi.illarion@yandex.ru

⁴ФГБУН «Институт физической химии и электрохимии имени
А.Н. Фрумкина РАН», Москва, 119071, Россия

⁵ФГБУН «Институт физиологически активных веществ РАН»,
Черноголовка, Московская область, 142432, Россия

В последние десятилетия радионуклиды цепи распада урана находят использование в качестве индикаторов различных процессов в морской среде. В частности, равновесие между радиоактивными парами ²³⁴Th/²³⁸U и ²¹⁰Pb/²¹⁰Po широко используется в морской среде для определения потоков взвешенного органического вещества.

Поэтому зарубежными учеными был разработан быстрый прямой метод для определения ²¹⁰Pb и ²¹⁰Po в морской воде [1]. Улучшениями данного метода по сравнению с другими методами является возможность: завершения анализа в течение 6 дней; достижения очень низких пределов обнаружения – 0,12 и 0,005 мБк/л для ²¹⁰Pb и ²¹⁰Po соответственно; большая часть метода может быть проведена на борту исследовательского судна.

В данном методе для разделения пары ²¹⁰Pb/²¹⁰Po предлагается использовать зарубежный сорбент Sr Resin. Однако данный продукт имеет ряд недостатков: вымывание разбавителя и краун-эфира, отсутствие стабильности свойств после регенерации. Поэтому нами была предложена разработка и получение отечественного сорбента аналога для разделения пары ²¹⁰Pb/²¹⁰Po.

Для получения оптимального для поставленной цели сорбента нами был получен и изучен ряд сорбентов на основе различных полифункциональных соединений (краун-эфиров, фосфорилподандов), носителей (стирол-дивинилбензолных, гидрофобизированного силикагеля), разбавителей (октанола-1, нитробензола, спирт-теломера n3, ионной жидкости) и растворителей (хлороформа, метанола).

Было установлено [2], что оптимальным сорбентом для извлечения свинца из кислых растворов является сорбент, импрегнированный раствором ди-трет-бутилдициклогексил-18-краун-6 (ДТБДЦГ18К6) в спирт-теломере n3, из нейтральных и слабокислых растворов – сорбент, импрегнированный раствором ДТБДЦГ18К6 в ионной жидкости C₄mim⁺Tf₂N⁻, из нейтральных растворов – сорбент на основе фосфорилподанда – 1,8-бис[2-(дифенилфосфорилметил)феноксид]-3,6-диоксаоктана.

На настоящем этапе проводятся исследования физико-химических закономерностей (изотермы, кинетики, селективности) сорбции свинца полученными сорбентами импрегнированного типа на основе полифункциональных соединений.

Так для построения изотерм извлечения свинца проводили сорбцию из растворов с различной исходной концентрацией свинца (2 – 600 мг/л). Для сорбента, импрегнированного раствором ДТБДЦГ18К6 в спирт-теломере n3, извлечение вели из 3 М азотнокислых и 2 М солянокислых растворов, сорбента, импрегнированного раствором ДТБДЦГ18К6 в ионной жидкости C₄mim⁺Tf₂N⁻ – из нейтральных (рН = 6)

и 0,1 М азотнокислых растворов, сорбента на основе фосфорилподанда – из нейтральных растворов (рН = 6). Были получены результаты, представленные на рис. 1 – 3.

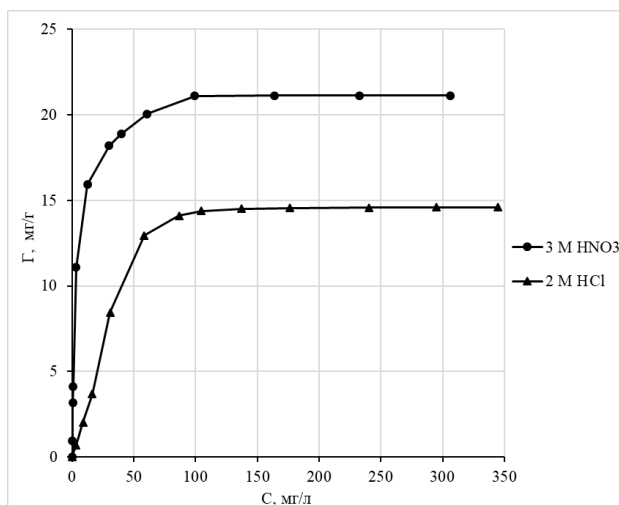


Рис. 1. Изотерма сорбции свинца из 3 М азотнокислых и 2 М солянокислых растворов на сорбентах, импрегнированных раствором ДТБДЦГ18К6 в спирт-теломере п3

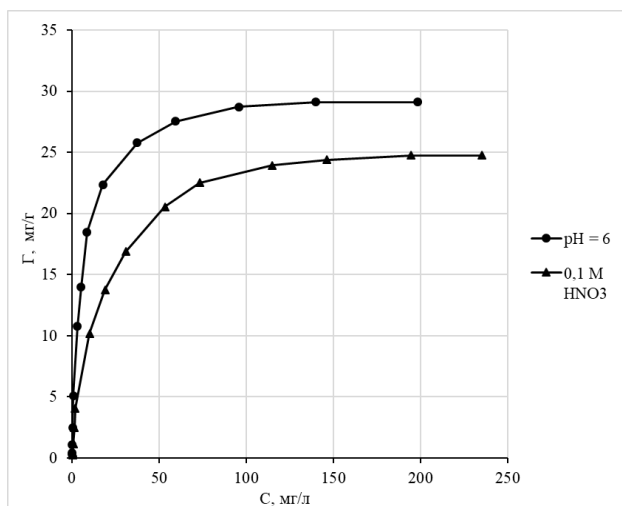


Рис. 2. Изотерма сорбции свинца из нейтральных (рН = 6) и 0,1 М азотнокислых растворов на сорбентах, импрегнированных раствором ДТБДЦГ18К6 в ионной жидкости C₄mi⁺Tr₂N⁻

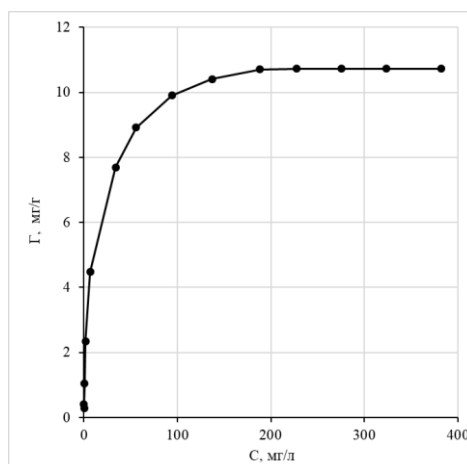


Рис. 3. Изотерма сорбции свинца из нейтральных (рН = 6) азотнокислых растворов на сорбенте, импрегнированном фосфорилподандом

Все сорбенты коммерчески доступны и могут быть использованы для радиоаналитического мониторинга.

Эта работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ и города Севастополь в рамках научного проекта № 18-43-920004, государственного задания ФАНО Российской Федерации (тема «Океанологические процессы» № 0827-2019-0003).

Список литературы:

1. Villa-Alfageme M., Mas J.L., Hurtado-Bermudez S., Masqué P. Rapid determination of ^{210}Pb and ^{210}Po in water and application to marine samples // *Talanta*. – 2016. – Vol. 160. – P. 28–35.
2. Бежин Н.А., Довгий И.И., Выдыш А.А., Янковская В.С. Извлечение свинца сорбентами импрегнированного типа на основе краун-эфиров // Сборник тезисов IX Российской конференции с международным участием «Радиохимия 2018». – С.-Пб., 2018. – С. 170.

**LEAD SORPTION BY IMPREGNATED TYPE SORBENTS
ON THE BASE OF POLYFUNCTIONAL COMPOUNDS**

**N.A. Bezhin^{1,2}, I.I. Dovhyi^{2,3}, V.V. Milyutin⁴, V.E. Baulin^{4,5}, A.A. Vydys^{1,2},
V.S. Yankovskaya²**

¹*Sevastopol State University, Sevastopol, 299053, Russia, e-mail: nickbezhin@yandex.ru*

²*Limited liability partnership «Small innovation company «Sorbentex»,
Sevastopol, 299011, Russia*

³*Marine Hydrophysical Institute RAS, Sevastopol, 299011, Russia,
e-mail: dovhyi.illarion@yandex.ru*

⁴*Frumkin Institute of Physical Chemistry and Electrochemistry RAS,
Moscow, 119991, Russia*

⁵*Institute of Physiologically Active Compounds RAS,
Chernogolovka, Moscow region, 142432, Russia*

Abstract

A series of sorbents on the base of various polyfunctional compounds (crown ethers, phosphorylpodands), supports (styrene-divinylbenzene, hydrophobised silica), diluents (octanol-1, nitrobenzene, 1,1,7-trihydrododecaphortheanol, ionic liquid) and solvents (chloroform, methanol) were obtained and investigated.

Sorption isotherms of lead from various solutions for obtained impregnated type sorbents were obtained.

All sorbents are commercially available and may be used for radioanalytical monitoring.

УДК 574.633

МАКРОЗООБЕНТОС КАК ИНДИКАТОР ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДОЕМОВ И ВОДОТОКОВ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Д.М. Безматерных, Л.В. Яныгина, М.И. Ковешников, О.Н. Вдовина,
Е.Н. Крылова

*Институт водных и экологических проблем СО РАН,
г. Барнаул, 656038, Россия, e-mail: bezmater@iwep.ru*

Биологические показатели являются важным компонентом системы мониторинга качества поверхностных вод суши и позволяют оценить экологическое состояние водоемов и водотоков, определить качество воды как среды обитания гидробионтов; выявить комплексное воздействие загрязнителей; определить источник загрязнения; установить трофические характеристики вод, тип загрязнителя; зафиксировать возникновение вторичного загрязнения [1].

Макрозообентос как наиболее долгоживущий и стационарный компонент гидробиоценоза более четко отражает степень загрязнения, особенно хронического. Можно выделить следующие основные направления биологической индикации по следующим структурным характеристикам макрозообентоса [2]: 1) выявление видов-индикаторов сапробности (или толерантных/нетолерантных к загрязнению); 2) индикация по соотношению числа видов, или плотности, или биомассы крупных таксонов – малощетинковых червей, моллюсков, ракообразных, отрядов насекомых, подсемейств комаров-звонцов и пр.; 3) индикация по соотношению трофических групп; 4) оценка уровня таксономического разнообразия; 5) расчет биотических индексов; 6) обобщенная оценка по комплексу характеристик сообществ; 7) сравнение с характеристиками сообществ эталонных участков.

Из множества предложенных методов биологического анализа и оценки качества вод по структурным и функциональным характеристикам зообентоса в настоящее время нет ни одного общепризнанного. Для конкретного региона и конкретной ситуации необходимо выявить наиболее подходящие индексы с тем, чтобы обеспечить достоверность полученных данных.

В России для оценки качества поверхностных вод суши по составу и структуре сообществ макробеспозвоночных на государственном уровне утверждены следующие индексы [3]: сапробности (по Пантле и Букк в модификации Сладечека), олигохетный (Гуднайта и Уитлея) и биотический Вудивисса (ТВІ, р. Трент). Эти индексы являются классическими, они разработаны в европейских странах, но на их основе в разных странах мира и отдельных регионах сделаны модификации и новые индексы, учитывающие специфику местных условий. Также в практике экологического мониторинга широко распространено применение индексов, оценивающих биологическое разнообразие (обычно видовое) [4].

Бассейн Верхней и Средней Оби. Изучение зообентоса рек бассейна Верхней и Средней Оби в 1989–2011 гг. позволило установить, что пространственная гетерогенность макрозообентоса обусловлена комплексом гидроморфологических показателей (уклон русла, размер водотока, тип донных отложений, температура воды, высота водосборного бассейна над уровнем моря). Различное сочетание этих факторов позволило выделить восемь групп водотоков (четыре группы горных рек, одна – предгорных и три группы равнинных рек), статистически значимо различающихся структурными характеристиками донных сообществ [5]. Выявленные закономерности пространственного распределения бентоса в бассейне Верхней и Средней Оби позволяют определять фоновые характеристики бентосных сообществ для использо-

вания их при проведении экологического мониторинга водных объектов региона (табл. 1).

Таблица 1

Значения биотических показателей на фоновых створах горных рек

Река	<i>N</i>	<i>B</i>	<i>S'</i>	<i>H</i>	TBI	BMWP	ASPT	EPT
Очень малые реки (до 20 км) с максимальными уклонами (группа Г2)								
Корумшту	0,5	0,2	5	2,0	6	36,0	7,0	4,0
Барбургазы (верховье)	0,8	0,1	6	2,2	6	9,0	4,5	1,0
Ярлыамры (выше рудника)	0,7	1,1	5	1,5	6	25,0	6,2	3,0
<i>Среднее</i>	<i>0,7</i>	<i>0,5</i>	<i>5,3</i>	<i>1,9</i>	<i>6,0</i>	<i>23,3</i>	<i>5,9</i>	<i>2,7</i>
<i>Коэффициент вариации</i>	<i>0,23</i>	<i>1,18</i>	<i>0,11</i>	<i>0,21</i>	<i>0,00</i>	<i>0,58</i>	<i>0,22</i>	<i>0,57</i>
Малые реки (20–60 км) с максимальными уклонами (группа Г2)								
Барбургазы (устье)	2,1	8,0	12	2,9	7	69,0	7,0	7,0
Чаган-Узун	0,6	5,2	3	1,5	7	47,0	6,9	4,0
Мал. Сиульта	10,2	19,7	11	2,4	8	82,0	7,5	9,0
Эдиган	5,2	29,3	8	2,3	8	66,0	7,3	8,0
<i>Среднее</i>	<i>4,5</i>	<i>15,5</i>	<i>8,5</i>	<i>2,3</i>	<i>7,5</i>	<i>66,0</i>	<i>7,2</i>	<i>7,0</i>
<i>Коэффициент вариации</i>	<i>0,94</i>	<i>0,71</i>	<i>0,48</i>	<i>0,25</i>	<i>0,08</i>	<i>0,22</i>	<i>0,04</i>	<i>0,31</i>
Большие (более 200 км) реки (группа Г4)								
Катунь (у пос. Анос)	8,9	3,7	14	2,6	8	63,0	7,0	15
Катунь (у пос. Эдиган)	1,9	1,7	9	2,4	9	47,0	7,8	10,0
Катунь (у пос. Б. Яломан)	1,4	0,8	5	2,0	7	35,0	7,0	4,0
Катунь (у пос. Элекмонар)	4,0	6,2	11	2,0	9	71	7,9	6,0
<i>Среднее</i>	<i>4,1</i>	<i>3,1</i>	<i>9,8</i>	<i>2,3</i>	<i>8,3</i>	<i>54,0</i>	<i>7,4</i>	<i>8,8</i>
<i>Коэффициент вариации</i>	<i>0,85</i>	<i>0,77</i>	<i>0,39</i>	<i>0,13</i>	<i>0,12</i>	<i>0,30</i>	<i>0,07</i>	<i>0,56</i>

Примечание: *N* – численность, тыс. экз./м²; *B* – биомасса, г/м²; *S'* – среднее число видов в пробе; *H* – индекс видового разнообразия Шеннона, бит/экз.; TBI – биотический индекс р. Трент; BMWP – Biological Monitoring Working Party; ASPT – Average Score Per Taxon, EPT – количество видов веснянок, поденок и ручейников

При различных типах антропогенного воздействия трансформация бентосных сообществ в бассейне Оби подчиняется общим закономерностям и проявляется в обеднении видового разнообразия, уменьшении численности чувствительных к загрязнению таксонов и смене доминирующих комплексов. Формируются характерные техногенные типы сообществ, в которых преобладают олигохеты, личинки эврибионтных амфибиотических насекомых либо чужеродные для бассейна беспозвоночные.

Водные объекты бассейна р. Бия. По результатам исследований зообентоса 1993–2004 гг. на Телецком озере, его притоках и реке Бия с притоками была проведена типизация донных сообществ различных участков озера и водотоков бассейна Бии. На основании выявленных закономерностей пространственного изменения структуры сообществ были определены водотоки-аналоги, предложены фоновые контрольные участки, обоснована возможность или невозможность применения наиболее используемых и рекомендованных отечественными руководствами индексов оценки качества воды по зообентосу (табл. 2) [6].

Равнинные притоки Верхней Оби. Исследования 1996–2003 гг. зообентоса равнинных притоков Верхней Оби (бассейны рек Барнаулки, Большой Черемшанки и Нижнего Чумыша) показали, что для оценки антропогенного загрязнения этих водотоков необходимо использовать различные биологические методы оценки состояния окружающей среды и различные группы гидробионтов с длительными и корот-

кими жизненными циклами, разных уровней организации. Так, для оценки экологического состояния притоков равнинных Верхней Оби по составу и структуре зообентоса можно использовать следующие индексы: сапробности Пантле и Букк, олигохетный Гуднайта и Уитлея, биотический Вудивисса, видового разнообразия Маргалефа, которые показали свою наибольшую информативность [7]. Эти индексы достоверно коррелируют в р. Барнаулке с гидрофизическими и гидрохимическими данным [8] (табл. 3).

Таблица 2

Индексы, рекомендуемые для проведения экологического мониторинга по зообентосу бассейне р. Бия

Участок	Индексы	
	основные	дополнительные
р. Чулышман (исток – Башкаус) и все притоки	видового разнообразия Шеннона (кроме ледниковых ручьев), Гуднайта и Уитлея (олигохетный)	Балушкиной
Реки Телецкой котловины		
р. Бия (Июгач – Лебедь) и притоки этого участка	Шеннона, Гуднайта и Уитлея, Пареле, Попченко	Балушкиной, Вудивисса
р. Чулышман (Башкаус – устье)		
р. Бия (Лебедь – устье) и притоки этого участка	Пареле, Попченко	Балушкиной
Исток р. Бия		
Телецкое озеро		
Сублитораль и профундаль	Цанера, Бринкхурста	–
Заболоченная литораль (Ойор, Самыш, Камга)	Шеннона, Цанера	Гуднайта и Уитлея, Балушкиной
Незаболоченная литораль	Шеннона, Гуднайта и Уитлея	Балушкиной
Исток р. Бия	Пареле, Попченко	Балушкиной

Таблица 3

Корреляции биоиндикационных индексов со средними за период исследований показателями качества воды и грунта р. Барнаулки

Пары показателей	<i>r</i>	<i>p</i>
Вода		
Индекс сапробности Пантле и Букк – NO ₃ ⁻	0,93	<0,01
Индекс сапробности Пантле и Букк – ПО	-0,86	0,01
Олигохетный индекс Гуднайта и Уитлея – Eh	0,82	0,02
Олигохетный индекс Гуднайта и Уитлея – HCO ₃ ⁻	-0,86	0,01
Олигохетный индекс Гуднайта и Уитлея – NO ₃ ⁻	0,82	0,02
Олигохетный индекс Гуднайта и Уитлея – БПК ₅	0,82	0,02
Олигохетный индекс Гуднайта и Уитлея – ПО	-0,96	<0,01
Биотический индекс Вудивисса (ТВИ) – NO ₂ ⁻	-0,81	0,03
Биотический индекс Вудивисса (ТВИ) – ПО	0,85	0,02
Индекс видового богатства Маргалефа – NO ₃ ⁻	-0,93	<0,01
Индекс видового богатства Маргалефа – ПО	0,86	0,01
Грунт		
Индекс сапробности Пантле и Букк – Zn (1–0,25)*	0,82	0,02
Биотический индекс Вудивисса (ТВИ) – Zn (1–0,25)	-0,95	<0,01

Пары показателей	<i>r</i>	<i>p</i>
Биотический индекс Вудивисса (ТВИ) – Pb (<0,25)	-0,88	0,01
Биотический индекс Вудивисса (ТВИ) – Zn (<0,25)	-0,76	0,05
Индекс видового богатства Маргалефа – Zn (1–0,25)	-0,82	0,02

Примечание – * в скобках указана размерность фракции грунта, мм

Использование установленных для Европы видов-индикаторов сапробности в Западной Сибири возможно благодаря тому, что видовой состав зообентоса водоемов и водотоков равнинной части бассейна Оби в основном состоит из широко распространенных в Палеарктике и Голарктике видов и в целом их фауна ближе к восточно-европейской, чем к восточно-сибирской.

Озера Обь-Иртышского междуречья. Проведенные в 1996–2011 гг. исследования зообентоса разнотипных озер Обь-Иртышского междуречья показали, что для экологической оценки озер с минерализацией воды менее 3 г/дм³ можно использовать обычные биоиндикационные методы, например, такие как индекс видового разнообразия (по Шеннону) и, разработанный для разнотипных озер, Фламандский мультиметрический индекс (ММИФ – Multimetric Macroinvertebrate Index Flanders) [9], а только в качестве дополнительного – применяемый Росгидрометом индекс Гуднайта и Уитлея [10].

Для экологической оценки водоемов соленостью более 3 г/дм³ необходимо учитывать негативное воздействие высоких концентраций солей на сообщества гидробионтов. На озерах одного региона с одинаковым типом солености для этого можно использовать функцию аппроксимации показателей макрозообентоса от солености воды, при прочих одинаковых (желательно преобладающих) условиях по глубине и типу грунта. Затем, с использованием этой функции, можно восстановить показатели развития макрозообентоса, которые могли быть при отсутствии угнетающего действия повышенной минерализации воды.

Водоемы и водотоки Севера Западной Сибири. В 2015–2018 гг. было проведено исследование зообентоса водоёмов и водотоков в районах г. Надым и Бованенковского ГКМ (п-в Ямал), предложена региональная адаптация ММИФ. Для лесотундровых и тундровых водоёмов Западной Сибири предлагается дополнить список таксонов, используемых при расчёте этого индекса часто встречающимися местными формами, не указанными авторами ММИФ для Европы. Так, например, с учётом высокого разнообразия моллюсков, различий в их западной и отечественной систематике, при расчёте индекса предлагается всем встреченным родам отряда Luciniformes, не указанным в [9], придавать такое же значение толерантности "4", как у типовых, встречающихся вместе с ними родов *Spherium* и *Pisidium*. Роду *Chanomphalus* (*Pseudogyraulus*) – значение толерантности "6", как у исходного рода *Gyraulus*; а роду *Cincinna* (*Sibirovalvata*) – значение "6" как *Valvata*. Ввиду высокой частоты встречаемости в природных водоёмах исследованной территории ручейников семейства Phryganeidae, предлагается включить это семейство в список используемых таксонов наряду с Limnephilidae, с таким же значением толерантности "6".

Предлагается использовать модифицированный индекс (mММИФ) не только для количественных и полуколичественных проб зообентоса, но и для качественных проб зооперифитона, для чего использовать значение индекса Шеннона из количественных проб зообентоса, одновременно собранных с грунта под ними. Такое значение индекса Шеннона примерно соответствует нижней границе реальной ситуации в исследуемом сообществе. При расчёте ММИФ индекс Шеннона (в природе не превышающего значения «5») является одной из пяти равно взвешенных метрик, сумма которых делится на 20 и ранжируется по пяти классам, что сводит возможную погрешность индекса mММИФ к минимуму [11].

Эта работа была выполнена в рамках госзадания ИВЭП СО РАН (тема НИР 0383-2019-0003) при частичной поддержке Российского Фонда Фундаментальных исследований, гранты № 17-05-00404 и 18-04-01001. Используются результаты комплексной научно-исследовательской арктической экспедиции «Ямал-Арктика 2016» НП Межрегиональный экспедиционный центр «Арктика».

Список литературы:

1. Израэль Ю.А., Гасилина Н.К., Абакумов В.А. Гидробиологическая служба наблюдения и контроля поверхностных вод в СССР. М.: Гидрометеиздат, 1979. 11 с.
2. Безматерных Д.М. Зообентос как индикатор экологического состояния водных экосистем Западной Сибири // Экология. Серия аналитических обзоров мировой литературы. 2007. № 85. С. 1–86.
3. ГОСТ 17.1.3.07-82. Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества воды водоемов и водотоков.
4. Макрушин А.В. Биологический анализ качества вод. Л.: ЗИН АН СССР, 1974. 60 с.
5. Яныгина Л.В. Аспекты пространственной организации бентосных сообществ рек бассейна Верхней и Средней Оби // Мир науки, культуры, образования. 2013. № 3. С. 445–449.
6. Ковешников М.И. Зообентос водных объектов бассейна реки Бия. Пространственное распределение, сезонная динамика, оценка качества воды. Saarbrücken: LAMBERT Academic Publishing, 2014. 284 с.
7. Безматерных Д.М. Зообентос равнинных притоков Верхней Оби. Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2008. 186 с.
8. Безматерных Д.М. Влияние антропогенного загрязнения на структуру макрозообентоса реки Барнаулки (бассейн Верхней Оби) // Водные ресурсы. 2018. Т. 45, № 1. С. 52–61. DOI: 10.7868/S0321059618010066
9. Gabriels W., Lock K., De Pauw N., Goethals P.L.M. et al. Multimetric Macroinvertebrate Index Flanders (MMIF) for biological assessment of rivers and lakes in Flanders (Belgium) // Limnologica. 2010. 40. P. 199–207.
10. Безматерных Д.М., Вдовина О.Н. Зообентос озер юга Обь-Иртышского междуречья // Экология. Серия аналитических обзоров мировой литературы. – 2017. № 106. С. 1–180.
11. Ковешников М.И. Зообентос разнотипных водных экосистем в районе Бованенковского газоконденсатного месторождения (Ямал) // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. 2018. Вып. № 3 (100). С. 4–12.

**MACROZOOBENTHOS AS INDICATOR OF ECOLOGICAL STATE
OF WATER BODIES IN WESTERN SIBERIA**

D.M. Bezmaternykh, L.V. Yanygina, M.I. Koveshnikov, O.N. Vdovina, E.N. Krylova
*Institute for Water and Environmental Problems SB RAS,
Barnaul, 656038, Russia, e-mail: bezmater@iwep.ru*

Abstract

The report summarizes the long-term experience accumulated in the IWEP SB RAS in using the composition and structure of macrozoobenthos for indication of the ecological state of surface water bodies in Western Siberia. Original approaches and the most informative methods for assessment of water quality in different parts of the Ob and Northern basins of Western Siberia are proposed.

ВЫСОКОЧАСТОТНЫЕ ПРОМЫШЛЕННЫЕ УСКОРИТЕЛИ ИЛУ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

**В.В. Безуглов¹, А.А. Брызгин^{1,2}, А.Ю. Власов¹, Л.А. Воронин^{1,2},
М.В. Коробейников^{1,2}, А.В. Сидоров¹, В.О. Ткаченко^{1,2}, Е.А. Штарклев¹**

¹Институт ядерной физики имени Г.И. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск, 630090, Россия, e-mail: M.V.Korobeynikov@inp.nsk.su

²Новосибирский государственный университет, Новосибирск, 630090, Россия

Мощные промышленные высокочастотные импульсные линейные ускорители электронов типа ИЛУ работают в исследовательских организациях и промышленных предприятиях многих стран мира. Диапазон энергии этих ускорителей – от 0,8 МэВ до 10 МэВ, максимальная мощность пучка достигает 100 кВт. В статье описаны ускорители ИЛУ и некоторые их применения.

Институт ядерной физики имени Г.И. Будкера СО РАН (ИЯФ) является одним из ведущих мировых разработчиков и изготовителей ускорителей заряженных частиц и оборудования для них. Он разрабатывает и выпускает мощные промышленные ускорители электронов типа ИЛУ с начала 70-х годов XX века.

Ускорители типа ИЛУ – достаточно специфические высокочастотные импульсные линейные ускорители [1, 2]. Они работают в режиме стоячей полуволны, рабочие частоты находятся в метровом диапазоне радиоволн – 118 МГц и 178 МГц. Высокочастотные (ВЧ) генераторы ускорителей ИЛУ построены на достаточно дешёвых импульсных ламповых триодах, в отличие от большинства линейных ускорителей, которые используют клистроны и магнетроны.

Радиационная модификация полимерных материалов изучается с 50-х годов XX века [3-5], а широко вошла в практику в 60-е годы [6, 7]. Она была первым применением ускорителей ИЛУ в промышленности. В последние десятилетия к модификации изоляции проводов и кабелей и производству термоусаживаемых трубок и плёнок добавились стерилизация различных одноразовых медицинских изделий и производство вспененных полимерных изделий и т.д. [8].

Ускорители ИЛУ были поставлены в научные и промышленные организации России, Европы, Азии включая Китай и Японию, а также в США. ИЯФ сумел завоевать доверие промышленности как надёжный поставщик промышленных машин [2], которые могут десятилетиями стабильно работать на производстве.

Основные параметры ускорителей ИЛУ приведены в Таблице 1.

Таблица 1.

Параметры ускорителей ИЛУ

Ускори- тель	Максималь- ная энергия электронов	Максималь- ная мощность пучка	Направление пучка	Производитель- ность стерилизации электронным пуч- ком и дозе 25 кГр
ИЛУ-8	1 МэВ	20 кВт	Вертикальное	Не применяется
ИЛУ-10	5 МэВ	50 кВт	Вертикальное	До 3,5 т/час
ИЛУ-12	5 – 7.5 МэВ	60 кВт	Горизонтальное	До 4 т/час
ИЛУ-14	7,5 – 10 МэВ	100 кВт	Горизонтальное	До 7 т/час

Ускоритель ИЛУ-8. Самый компактный из серии ускоритель ИЛУ-8 с максимальной энергией 1 МэВ и мощностью пучка до 20 кВт был разработан для модификации изоляции проводов (тонких и средней толщины) и обработки термоусаживаемых трубок и плёнок. Относительно недавно этот ускоритель стал применяться для производства вспененных полимерных изделий. Компания Русфом выпускает широкий ассортимент продукции из вспененного полиэтилена под торговой маркой «Пенолон» – тепло-, гидро- и звукоизоляционных изделия, туристские коврики, сланцы и даже детские игрушки.

Основное преимущество ИЛУ-8 – его небольшие габариты. Этот ускоритель с местной биологической защитой может быть установлен в любом цеху, имеющем достаточную высоту (не менее 4 м). При желании его можно разместить и в маленьком бетонном бункере. На рис. 1. показан ускоритель ИЛУ-8 в местной защите установленный в цеху предприятия «Чувашкабель».

В верхнем отделении стального короба местной защиты размещаются вакуумный бак ускорителя, волноводы и вакуумные насосы. В нижнем отделении размещаются устройство выпуска пучка и перематывающее устройство обеспечивающее транспортировку длинномерных изделий (проводов и трубок) для их облучения с 4-х сторон.

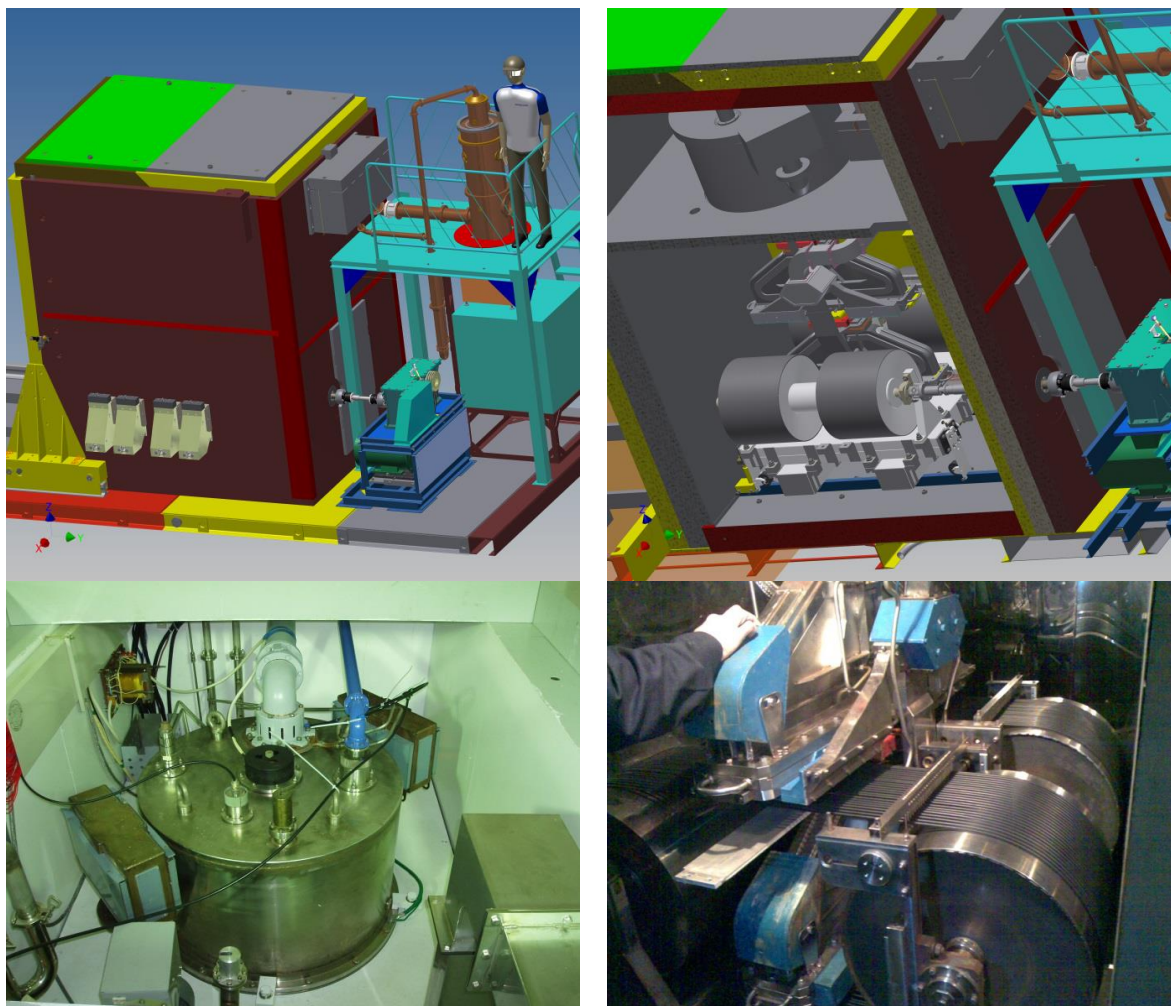


Рис. 1. Ускоритель ИЛУ-8 внутри местной защиты

Ускоритель ИЛУ-10. ИЛУ-10 является самым компактным ускорителем в мире с максимальной рабочей энергией 5 МэВ и мощностью пучка до 50 кВт. Эти машины устанавливаются в бетонных бункерах с толщиной боковых стен 3 метра. На рис. 2 показан ускоритель ИЛУ-10 установленный в Парке ядерных технологий, г. Кур-

чатов, Казахстан, и коробки с одноразовым медицинским бельём на конвейере под выпускным устройством ускорителя ИЛУ-10 в ИЯФе, г Новосибирск. Высота вакуумного бака ускорителя ИЛУ-10 вместе с размещёнными непосредственно над резонатором генераторами (покрашены в синий цвет) составляет 2,4 м.



Рис. 2. Ускоритель ИЛУ-10 и коробки с одноразовым медицинским бельём на конвейере под его выпускным устройством

Энергия 5 МэВ обеспечивают большую глубину проникновения пучка, что позволяет производить модификацию изоляции проводов большого диаметра и кабелей, а также обрабатывать медицинскую продукцию в больших коробках.

Для ускорителя ИЛУ-10 разработаны и изготавливаются конвертеры для генерации тормозного излучения рассчитанные на максимальную мощность электронного пучка 50 кВт. Режим генерации тормозного излучения обеспечивает существенно большую глубину проникновения излучения при существенном снижении его мощности – эффективность конверсии в угол 60° при энергии 5 МэВ составляет 8,3%.

Многорезонаторные ускорители ИЛУ-12 и ИЛУ-14. Рост потребления одноразовых медицинских изделий вызвал потребность в росте энергии и мощности ускорителей электронов. Ускорители электронов с мощностью пучка 100 кВт в режиме генерации тормозного излучения могут успешно конкурировать с мощными изотопными источниками. Мощность изотопного источник 1 МКи примерно соответствует мощности электронного пучка 14 кВт.

Ускорители ИЛУ-8 и ИЛУ-10 – однорезонаторные машины с одним ускоряющим промежутком, и максимальная энергия электронов в пучке равна амплитуде ускоряющего ВЧ напряжения резонатора. Потери энергии в резонаторе возрастают пропорционально квадрату напряжения на резонаторе, и для энергий выше 5 МэВ эффективнее использовать многорезонаторную систему с несколькими ускоряющими промежутками. Итоги работы в этом направлении – ускорители ИЛУ-12 и ИЛУ-14.

На рис. 3 показан ускоритель ИЛУ-14 установленный в Федеральном медицинском биофизическом центре имени А.И. Бурназяна, г. Москва. Для него изготовлен конвертер на максимальную мощность электронного пучка 100 кВт.

Заключение. Ускорители для радиационных технологий продолжают развиваться, и разрабатываются новые радиационные технологии. Новый перспективный сегмент – обработка сельскохозяйственной и пищевой продукции [10, 11].

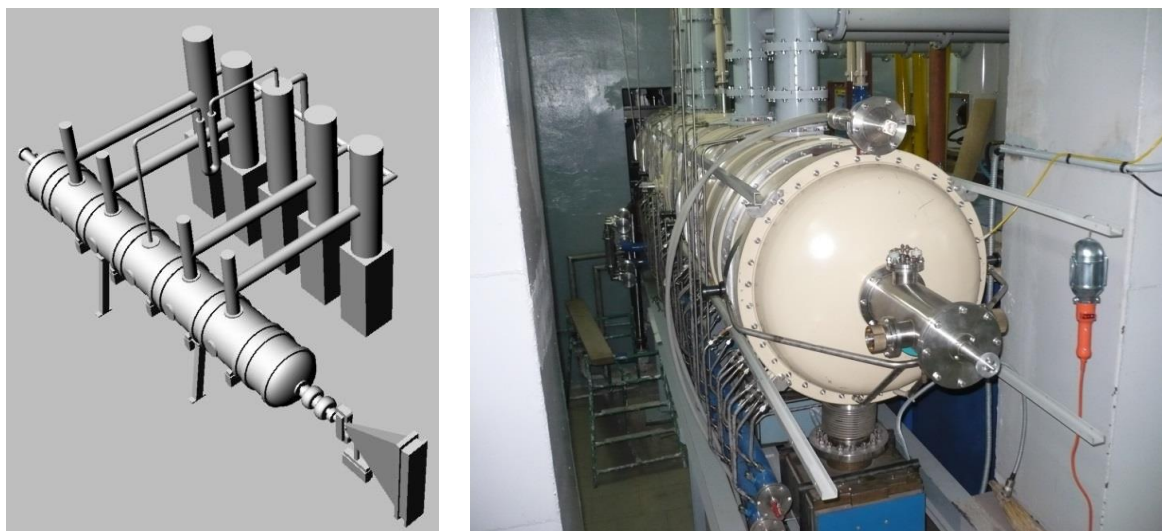


Рис. 3. Многокамерный ускоритель ИЛУ-14 с двухкаскадным ВЧ генератором, каскад предварительного усиления и 4 выходных каскада размещены рядом с ускоряющей структурой

Список литературы:

1. Куксанов Н.К. Ускорители электронов для промышленного применения, разработанные в ИЯФ им. Г.И. Будкера СО РАН / Куксанов Н.К., Салимов Р.А. Брызгин А. А. // Успехи физических наук. - 2018. - Т. 188, № 6. - С. 672-685. - Библиогр.: 51 назв.. - DOI 10.3367/UFNr.2018.03.038344.
2. Industrial radiation Processing With Electron Beams and X-rays, 2011. International Atomic energy Agency technical document, <http://www.cirms.org/pdf/Industrial%20Radiation%20Processing%20-%20May%202011%20-%20Revision%206.pdf>
3. Чарлзби А. Ядерные излучения и полимеры / Пер. с англ. М.: ИИЛ, 1962. 522 с.
4. Бовей Ф. Действие ионизирующих излучений на природные и синтетические полимеры / Пер. с англ. М.: ИИЛ, 1959. 295 с
5. Действие радиации на органические материалы. Сост. Р. Болт и Дж. Кэррол / Пер. с англ. под ред. В.Л. Карпова. М.: Атомиздат, 1965. 409 с.
6. Cleland, M.R., "Application of the high power X-ray generators for processing bulk materials", Advances in radiation chemistry of polymers, IAEA-TEC-DOC-1420 (November 2002) 111-123. http://www.pub.iaea.org/mtcd/publications/pdf/te_1420_web.pdf.
7. Cleland, M.R., "Industrial Applications of Electron Accelerator", CERN Accelerator School, Zeegse, the Netherlands (24 May to 2 June 2005) at: <http://cas.web.cern.ch/cas/Holland/PDF-Lectures/cleland/School-2.pdf>
8. Bezuglov V. V., Bryazgin A. A., Voronin L. A., Gorbunov V. A., Kokin E. N., Korobeynikov M. V., Lukin A. N., Makarov I. G., Maximov S. A., Panfilov A. D., Podobaev V. S., Radchenko V. M., Sidorov A. V., Tarnetskiy V. V., Tiunov M. A., Tkachenko V. O., Faktorovich B. L., Shtarklev E. A., Chernov K. N., "Sterilization complexes based on ILU-type electron accelerators", Nuclear Science and Techniques, vol.22 No.1 Feb. 2011. Shanghai, China. ISSN 1001-8042. CN 31 – 1559 / TL.
9. Безуглов В.В. Радиационные технологии и оборудование / Безуглов В.В., Брызгин А.А., Власов А.Ю., Воронин Л.А., Коробейников М.В., Максимов С.А., Нехаев В.Е., Радченко В.М., Сидоров А.В., Ткаченко В.О., Факторович Б.Л. // Вопросы атомной науки и техники. Серия: техническая физика и автоматизация. Выпуск 83. АО «НИИТФА» Москва 2018, С. 4-21.
10. Козьмин Г.В. Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности / Козьмин Г.В., Санжарова Н.И., Кибина И.И., Павлов А.Н., Тихо-

нов В.Н. // <https://cyberleninka.ru/article/n/radiatsionnye-tehnologii-v-selskom-hozyaystve-i-pischevoy-promyshlennosti>.

11. Алексахин Р.М. Перспективы использования радиационных технологий в агропромышленном комплексе Российской Федерации / Р.М. Алексахин, Н.И. Санжарова, Г.В. Козьмин, С.А. Гераськин, А.Н. Павлов // Вестник РАЕН, Российская академия естественных наук (Москва) Том: 14 Номер: 1 Год: 2014, С. 78-85.

RADIO FREQUENCY INDUSTRIAL ACCELERATORS OF ILU TYPE AND THEIR APPLICATION

V.V. Bezuglov¹, A.A. Bryazgin^{1,2}, A.Yu. Vlasov¹, L.A. Voronin^{1,2},

M.V. Korobeynikov^{1,2}, A.V. Sidorov¹, V.O. Tkachenko^{1,2}, E.A. Shtarklev¹

¹*Budker Institute of Nuclear Physics, Siberian Branch of Russian Academy of Science, Novosibirsk 630090, Russia, e-mail: M.V.Korobeynikov@inp.nsk.su*

²*Novosibirsk State University, Novosibirsk 630090, Russia*

Abstract

ILU machines are pulse industrial linear radio frequency electron accelerators that are designing and producing in Budker Institute of Nuclear Physics. A main part in ILU accelerators is an accelerating structure consisting of one or few resonators. Quantity of feeding radio frequency generators and resonators in the accelerating structure can vary to design accelerators with diverse energy ranges and beam power according to customer's requests. ILU machines are upgradable. Basic models are ILU-8 (1 MeV, 20 kW), ILU-10 (5 MeV, 50 kW) and ILU-14 (10 MeV, 100 kW).

ILU machines have accelerating structure consisting of half-wave coaxial resonators operating in the standing-wave mode at frequencies of 115 or 180 MHz. An electron beam speeds up in the resonator's accelerating gaps during single pass. Electrons acquire energies determined by potential difference between the accelerating gap electrodes, and that makes ILU machines resembling to direct-acting accelerators.

ILU-8 has maximum energy of 1 MeV and maximum beam power of 20 kW. It is used for treatment of thin wires and thermoshrinkable polymer films and tubes.

ILU-10 are used for medical products sterilization, decontamination of food products and treatment of thick polymer tubes, wires and cables. It has maximum energy of 5 MeV and maximum beam power of 50 kW

ILU-14 has maximum energy of 10 MeV and maximum beam power of 100 kW. It is used for polymer treatment and medical products sterilization.

X-ray converters for ILU-10, ILU-12 and ILU-14 machines are designed and produced.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

Э.А. Бекиров, С.Н. Воскресенская, А. Алькаата, Э. Сейтумеров

*Физико-технический институт (структурное подразделение)
ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского»,
Симферополь, 295004, Россия, e-mail: kaf_energo@cfuv.ru*

Задача выбора оптимальных мест и мощности установки компенсирующих устройств в электрических сетях преследует цель нахождения такого решения, которое будет обеспечивать максимальный экономический эффект при соблюдении всех технических условий нормального функционирования электросетей и приемников электроэнергии. Критерием экономического эффекта выступает величина приведенных затрат.

Наиболее эффективным методом снижения потерь активной мощности является установка компенсирующих устройств (КУ) вблизи потребителей реактивной мощности [1 – 3].

При выборе устройств компенсации реактивной мощности последовательно производят ряд операций:

- сбор и передача исходной информации об энергосистеме к оператору;
- программная переработка информации;
- передача полученного решения исполнителю и обеспечение его реализации.

При установке КУ решающим фактором является уменьшение стоимости передачи реактивной мощности потребителю. В этом случае часто невыгодно передавать ее от мощных источников по сети на удаленные расстояния. Данная стоимость в несколько раз превышает затраты на установку КУ, хотя выработка с помощью генераторов электростанции значительно дешевле. Еще одной причиной является техническая сложность передачи на большие расстояния из-за недопустимого падения напряжения в конечных узлах сети.

Помимо затрат на первоначальное приобретение КУ следует учитывать затраты на их транспортировку к месту установки и монтаж. Они относятся к капитальным вложениям. Ежегодно нужно производить затраты на текущий ремонт и обслуживание компенсирующих устройств. Приняв ежегодные затраты на обслуживание и ремонт компенсирующих устройств равными p_0 процентов от стоимости самих устройств, расчет приведенных к годовым значениям удельных затрат на компенсирующие устройства в руб./кВар в год осуществляют по формуле

$$Z_K = k_K \left(\frac{1}{t_{окпр}} + \frac{p_0}{100} \right) = k_K p_K, \quad (1)$$

где k_K – удельная стоимость КУ;

$t_{окпр}$ – предельный срок окупаемости;

p_K – коэффициент приведения стоимости компенсирующих устройств к годовым затратам.

В литературе [4] можно найти другие формулы для расчета затрат на КУ, в том числе, включающие затраты на потери активной мощности. В данном же случае предлагается поэтапная методика расчета, которая также позволяет выявить возможности оптимизации при принятии решений о компенсации реактивной мощности.

Суммарные годовые затраты на потери электроэнергии и на компенсирующие устройства

$$Z = \frac{P_H^2 + (Q_H - Q_K)^2}{U^2} RC_{\text{э}} + Z_K Q_K, \quad (2)$$

где P_H и Q_H – активная и реактивная мощность, потребляемая в узле;

Q_K – мощность устанавливаемых КУ;

$C_{\text{э}}$ – стоимость потерь мощности при максимуме нагрузки;

R – сопротивление линии;

U – напряжение в узле.

Приравняв к нулю производную выражения (2), получим формулу для определения оптимальной мощности компенсирующих устройств

$$Q_{K0} = Q_H - \frac{Z_K U^2}{2RC_{\text{э}}} = Q_H - \frac{E}{R} = Q_H - Q_{\text{э}}, \quad (3)$$

где $Q_{\text{э}}$ – реактивная мощность, экономически целесообразная для передачи по сети;

$$E = \frac{Z_K U^2}{2C_{\text{э}}} - \text{постоянная величина, именуемая потенциалом затрат.}$$

В определенный узел сети реактивная мощность может поступать более чем из одного источника. Тогда требования минимизации будут выражаться следующим образом

$$Z = Z_0 + Z_1 Q_A + Z_2 Q_A^2, \quad (4)$$

где Q_A – реактивная мощность, генерируемая источником реактивной мощности и передаваемая на рассматриваемое предприятие или участок;

Z_0 – постоянная составляющая затрат, не зависящая от Q_A ;

Z_1 и Z_2 – удельные приведенные затраты, зависящие от Q_A и Q_A^2 .

Характеристики Z_1 и Z_2 могут принимать различные значения для генераторов электростанций, КУ и при передаче реактивной мощности от источника к потребителю.

Оптимальное значение реактивной мощности, которое может быть передано от энергосистемы к потребителям в данном узле, определяется по формуле

$$Q_{\text{ЭС}} = \frac{Z_{\text{БКВ}} - Z_{1\text{ЭС}}}{2Z_{2\text{ЭС}}}, \quad (5)$$

где $Z_{\text{БКВ}}$ – удельные затраты на выработку реактивной мощности на предприятии или на участке;

$Z_{1\text{ЭС}}$ и $Z_{2\text{ЭС}}$ – эквивалентные удельные затраты энергосистемы в начале и в конце линии.

Установка КУ целесообразна, если $Q_{\text{ЭС}}$ меньше реактивной мощности, потребляемой предприятием $Q_{\text{ПТ}}$. При выборе значения $Q_{\text{ЭС}}$ следует иметь в виду не только экономический аспект, но и технические ограничения:

- в каждом узле энергосистемы должен соблюдаться баланс реактивной мощности

$$Q_{P\text{ЭС}} + Q_K > Q_{\text{ПТ}} + \Delta Q + Q_{PEЗ}, \quad (6)$$

где $Q_{P\text{ЭС}}$ – располагаемая энергосистемой реактивная мощность (генераторы, зарядная мощность, ЛЭП);

Q_K – суммарная мощность КУ, присоединенных к данному узлу;

ΔQ – суммарные потери реактивной мощности в элементах сети, которые могут достигать порядка 60% от передаваемой активной мощности;

$Q_{РЕЗ}$ – резерв реактивной мощности, принимаемый на уровне 10-15%;

- пропуская способность по току элементов системы электроснабжения с экономической точки зрения должна допускать передачу реактивной мощности $Q_{ЭС}$;

- колебания напряжения не должны превышать допустимых значений.

Таким образом, можно сформулировать ряд закономерностей при принятии решений о необходимости применения компенсирующих устройств в определенных узлах энергосети.

Первая закономерность следует непосредственно из формулы (3). Реактивная мощность, которую экономически целесообразно передавать по сети, не зависит от исходной реактивной мощности и определяется только параметрами сети (R и U), стоимостями КУ и электроэнергии, а также предельным сроком окупаемости. Это позволяет определить для каждого узла сети экономически целесообразное значение потребляемой реактивной мощности Q_3 , которое остается стабильным при росте нагрузок. То есть, любое потребление выше Q_3 должно компенсироваться на месте.

Второй закономерностью является то, что значение Q_3 определяется соотношением стоимостей КУ и передаваемой электроэнергии и при их пропорциональном изменении остается неизменным. Поэтому, если предполагать пропорциональный рост цен на КУ и электроэнергию, значение Q_3 остается стабильным в течение длительного периода времени.

Третья закономерность состоит в том, что при увеличении потребления активной энергии и стабильном значении Q_3 коэффициент реактивной мощности $\tan \phi_3$ не остается неизменным и имеет тенденцию к уменьшению. Это затрудняет его использование в качестве нормируемой величины. Следует иметь в виду, что формула (3) действительна, если принять сопротивления сети постоянными. Если же предположить, что с ростом нагрузок сеть развивается (периодически вводятся в строй новые линии), в результате чего ее эквивалентное сопротивление по отношению к узлу нагрузки снижается, и считать что на длительном временном интервале это снижение пропорционально росту нагрузок, то из (3) следует постоянство $\tan \phi_3$ и пропорциональный рост Q_3 .

Четвертая закономерность может быть сформулирована следующим образом. Чем дальше приходится передавать реактивную мощность (увеличивается R), тем ниже значения Q_3 и $\tan \phi_3$, причем их снижение прямо пропорционально увеличению R . Как правило, чем ниже номинальное напряжение сети, тем больше суммарное сопротивление элементов по пути передачи реактивной мощности от ее источников, расположенных в сетях высокого напряжения, поэтому и более низкими становятся значения $\tan \phi_3$.

Данные закономерности были использованы при расчете мощности и мест расположения КУ для энергосистемы, включающей ряд потребителей различного типа.

Список литературы:

1. Малюк Е.Г. Реактивная мощность и особенности компенсации реактивной мощности в сетях жилищно-коммунального сектора / Е.Г. Малюк // Энергетические установки и технологии, 2017. – Т. 3. – № 1. – С. 57-62.
2. Савина Н.В. Прогнозирование реактивной мощности узлов нагрузки для оптимальной компенсации реактивной мощности в условиях неопределённости / Н.В. Савина, А.А. Казакул // Вестник Иркутского государственного технического университета, 2012. – № 2(61). – С. 92-99.

3. Лаврентьева Т.О. Реактивная мощность. способы ее компенсации // Т.О. Лаврентьева, М.В. Петрова // Энергетические и электротехнические системы: Международный сборник научных трудов. – Магнитогорск, 2017. –С. 47-61.
4. Микаэльян Е.Ю. Методология системного расчета компенсации реактивных мощностей в электросетях промышленных предприятий и энергосистемах / Е.Ю. Микаэльян, М.А. Трубицин // Инженерный вестник Дона, 2017. – № 4 (47). – С. 146 – 154.

REGULARITY OF OPTIMAL SOLUTIONS OF THE REACTIVE POWER COMPENSATION

E.A. Bekirov, S.N. Voskresenkaya, A. Al'kaata, E. Seytumerov

Institute of physics and technology (structural unit)

V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, 295004, Russia,

e-mail: kaf_energo@cfuv.ru

Abstract

The analysis of the need to install compensating devices in the network nodes directly next to the consumer. At the same time, the cost of reactive power transmission from the generator of the power plant and the cost of installation and maintenance of compensating devices are compared. Depending on the conditions under consideration, the calculation of economic feasibility contributes to the adoption of various decisions. Expressions are given, according to which it is possible to determine the reactive power coming from the power system to the consumer in the considered node, as well as the optimal power of compensating devices.

НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В СФЕРЕ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

М.Н. Белая

*ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,
г. Севастополь, 299053, Российская Федерация, e-mail: belaya_079@mail.ru*

В работе [1] автором рассмотрены вопросы технического регулирования техносферной безопасности. Техническое регулирование – это направление, реализуемое через нормативы, установленные (или разрабатываемые) в нормативно-правовой документации. К нормативно-правовой документации в сфере технического регулирования относятся технические регламенты и документы по стандартизации.

С 2003 года, с момента вступления в силу Федерального закона «О техническом регулировании» [2], технические регламенты стали относиться к обязательным документам, применяемые на всех стадиях жизненного цикла продукции. Следовательно, к объектам технического регулирования относятся продукция (т.е. установленный перечень продукции [3]) и сопутствующие процессы, т.е. процессы проектирования, производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации.

Несмотря на то, что нормативные документы стали относиться к документам, применяемые на добровольной основе, данные документы позволяют обеспечить реализацию подтверждения соответствия объектов технического регулирования через обязательные формы подтверждения соответствия: декларирование соответствия или обязательную сертификацию.

При обеспечении промышленной безопасности необходимо исходить из общенаучных положений, направленных на определение, установление и формирование требований безопасности.

Требования безопасности, в том числе требования к промышленной безопасности, должны быть отражены в технических регламентах в виде некоторого набора свойств и (или) параметров процесса и значений физических величин, характеризующих свойства.

В соответствии с принципами технического регулирования «соответствия технического регулирования уровню развития национальной экономики, развития материально-технической базы, а также уровню научно-технического развития» и «единства правил и методов исследований (испытаний) и измерений при проведении процедур обязательной оценки соответствия», установленных в Федеральном законе «О техническом регулировании» [2] следует провести сравнительный анализ:

- экономической целесообразности устанавливаемых требований (т.е. оценить, что рациональнее – улучшить характеристики продукции, процессов или принять другие меры защиты);
- перспективности выпуска продукции относительно других объектов технического регулирования;
- существующих методов определения характеристик (показателей) (т.е. методы измерений, испытаний и контроля).

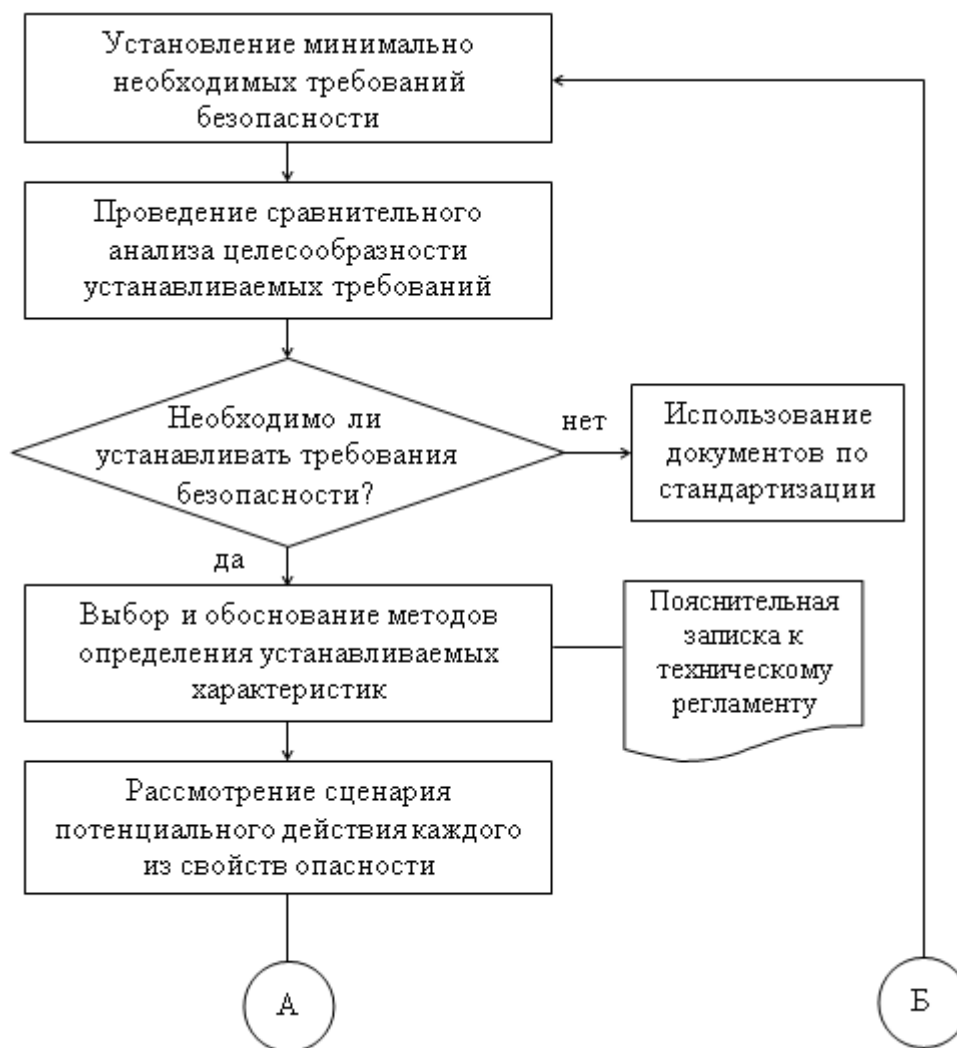
Для достижения целей технического регулирования и техносферной безопасности, относительно защиты здоровья и жизни граждан, охраны окружающей среды, жизни или здоровья животных и растений, при определении требований промышленной безопасности целесообразно рассмотреть сценарий потенциального действия каждого из свойств опасности, от которых необходимо обеспечить защиту. Если используется сложный объект технического регулирования (т.е. для которых нельзя

сразу выделить действие каждого свойства как независимое), то рекомендуется представлять объекты в виде структуры или системы, в зависимости от их сложности, в качестве технических характеристик. Структурная схема является основой для проведения идентификации объектов технического регулирования.

Следующим этапом является учет опасного влияния конкретного свойства, например, защита от излучений, биологическая защита, защита от взрывов, защита от механических воздействий, обеспечение пожарной безопасности, защита от промышленных опасностей, защита от термических воздействий, защита от химических воздействий, защита от ядерного и радиационного воздействия.

Для определения степени вреда, нанесенного жизни и здоровью человека, окружающей среде необходимо проведение логического моделирования всего набора полученных сценариев. После отработки всех сценариев анализируется и оценивается риск смоделированных сценариев опасного поведения каждого объекта технического регулирования. На основании полученных оценок принимается решение о разработке требований безопасности для каждого конкретного объекта технического регулирования, для которого величина риска оказалась неприемлемой.

Алгоритм установления и формирования требований безопасности для объектов технического регулирования представлен на рисунке 1.



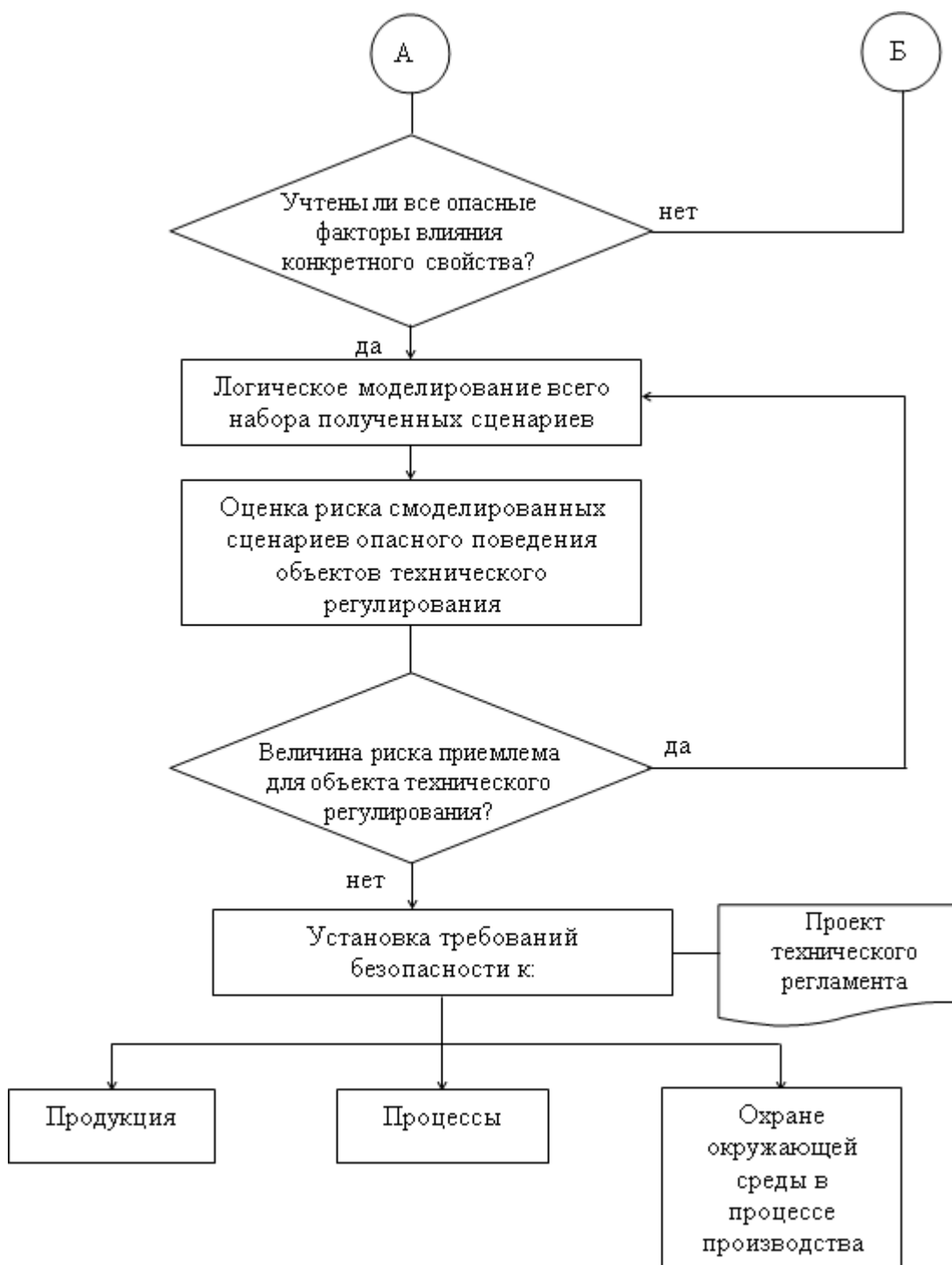


Рис. 1. Алгоритм установления и формирования требований безопасности для объектов технического регулирования

Таким образом, целью принятия технических регламентов является обеспечение требований техносферной безопасности, что отмечается в Федеральном законе «О техническом регулировании» в качестве следующих мер:

- защиты жизни или здоровья граждан;
- охраны жизни или здоровья животных и растений;
- охраны окружающей среды;
- защиты имущества;
- предупреждения действий, вводящих в заблуждение приобретателей.

Список литературы:

1. Белая М.Н. Техническое регулирование техносферной безопасности / М.Н. Белая // Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2018 : сборник статей по материалам международной научно-практической конференции «Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2018» (24 – 27 сентября 2018 г.) / под ред. Л. И. Лукиной, Н. А. Бежина, Н. В. Ляминой. – Севастополь: СевГУ, 2018. – С. 166-170.
2. О техническом регулировании: [Федеральный закон от 27.12.2002 г. № 184 - ФЗ], [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании «КонсультантПлюс» - Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_40241/.
3. Перечень продукции, подлежащей декларированию соответствия, [Электронный ресурс], Режим доступа: <http://standart-region.ru/products/decl/>

**REGULATORY LEGAL REGULATION OF TECHNOSPHERE SAFETY
IN THE SPHERE OF TECHNICAL REGULATION**

M.N. Belaya

*Sevastopol State University, Sevastopol, 299053, Russian Federation,
e-mail: belaya_079@mail.ru*

Abstract

The article discusses the relationship between technical regulation and technosphere safety. An algorithm has been developed and the sequence of establishing and forming safety requirements for technical regulation facilities has been described in order to achieve the objectives of technical regulation: protecting the life or health of citizens; protecting the life or health of animals and plants; environmental protection; property protection; prevent misleading actions of purchasers.

**РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА ТЕРРИТОРИИ ПОСЕЛКА
КАЛАЧИ РАСПОЛОЖЕННОГО В БЛИЗИ БЫВШИХ УРАНОВЫХ
РУДНИКОВ АКМОЛИНСКОЙ ОБЛАСТИ**

**В.А. Бенсман¹, Ы.Ш. Шаяхметова², Э.С. Борибай³, Ж.Ы. Молдагазыева³,
Б.М. Тыныбеков⁴, Н.Н. Салыков³**

¹ТОО «Экосервис-С», Алматы, 050035, Казахстан, e-mail: bensman.v@ecoservice.kz

²Алматинский Технологический университет, Алматы, Казахстан,
e-mail: i_sh13@mail.ru

³АО «Университет Нархоз», Алматы, Казахстан, e-mail: eboribai_71@mail.ru

⁴Казахский Национальный университет им. Аль-Фараби, Алматы, Казахстан,
e-mail: tynubekov.bekzat.72@mail.ru

В 2013 году в средствах массовой информации стали появляться сообщения о случаях возникновения у жителей п. Калачи Акмолинской области неизвестного заболевания, именуемого в настоящее время «сонной болезнью» [1]. Исследования санитарно-эпидемиологической и токсикологической службы, медицинское обследование пострадавших показали отсутствие факторов, которые могли бы вызвать заболевание пострадавших. Поскольку явные причины отсутствовали, в обществе укрепилось мнение, что данное заболевание может быть связано с наличием поблизости бывшей разработки месторождения урана, которая велась там в советское время [2]. Возможное воздействие радиации в селе стали рассматривать как один из главных факторов, оказывающий вредное влияние на здоровье жителей п. Калачи. Некоторые ученые и специалисты из Минздрава РК [2] сошлись во мнении, что причиной заболевания жителей является наличие высоких концентраций радона.

В связи с этим целью нашей работы было изучение радиационного фона на территории поселка, в жилых и нежилых помещениях и в питьевой воде.

Поселок Калачи Есильского района Акмолинской области находится вблизи рудников, где с 70-х до 90-х годов XX века рудопромышленное управлению бывшего Союза добывали уран. Добыча урана была прекращена в 1992 году. Урановые шахты в процессе ликвидации были затоплены водой, в целях снижения радиационного уровня.

На начало 2013 года в период возникновения первой волны эпидемии «сонной болезни» в п. Калачи проживало всего 555 человек. В настоящее время после эпидемии сонной болезни в поселке проживает 326 человек [5]. В основном взрослые люди.

Учитывая предположение, что радиация является одним из главных факторов болезни жителей п. Калачи целью наших исследований явилось выявление возможных радиационных аномалий на территории и в помещениях населенного пункта п. Калачи. Исследования проводились в четырех направлениях: исследование интегральных радиационных параметров на территории п. Калачи; пешеходная радиометрическая гамма-съемка; измерение эквивалентная равновесная объемная активность (ЭРОА) радона и мощности экспозиционной дозы (МЭД) в помещениях; измерение ЭРОА радона и МЭД в помещениях и в воде.

Исследование интегральных радиационных параметров на территории п. Калачи. Для оценки интегральных радиационных параметров поселка проведено обследование жилых и нежилых домов. Дома представляют собой одноэтажные постройки, выполненные из кирпича либо глины. Обследовано 10 помещений. Из проведенных измерений мощности экспозиционной дозы в жилых помещениях не было зафиксировано превышения предельно-допустимой нормы, что соответствует нор-

мативу. Значение мощности экспозиционной дозы в с. Калачи находится в пределах нормы.

Пешеходная радиометрическая гамма-съемка. Для поиска возможных источников ионизирующего излучения (ИИИ) обследованы дворы и улицы п.Калачи. Площадь обследованной территории составила ~0,42 км². Определение МЭД проводилась по 6 улицам поселка Калачи. По результатам определения радиационной характеристики территории п. Калачи показано, что гамма-фон территории равномерный, значения в среднем 0,15 мкЗв/ч. Согласно нормативам, уровень безопасных величин мощности экспозиционной дозы для тела человека, когда «радиационный фон в норме» находится до 0,2 мкЗв/час (или 2 мкР/час) [4].

Измерение ЭРОА радона и МЭД в помещениях. Измерения ЭРОА радона и дочерних продуктов распада были выполнены в воздухе помещений. Полученные результаты показали, что значения уровня радона в среднем от 12 Бк/м³ до 167 Бк/м³, не превышающие нормативы для эксплуатируемых зданий (200 Бк/м³). Замеры в не жилом частном доме, которое было продолжительное время закрыто, показали значение чуть выше нормы. Измерения МЭД внутри помещений показали значения, практически не отличающиеся от гамма-фона территории п. Калачи.

Измерение концентрации радона в воде. Измерения ЭРОА радона и дочерних продуктов распада были выполнены в воде.

Поселок Калачи расположен на берегу реки Ишим. Основной источник питьевой воды – подземные воды прилегающего участка. Жители поселка пользуются водой для питья из скважины. Измерения активности радона в питьевой воде распределительной сети показали низкое значение, что не превышало ПДК. В воде, как объекте окружающей среды п. Калачи содержание техногенных радионуклидов находится на уровне фона.

Таким образом, по результатам оценки радиационной обстановки территории села Калачи можно заключить, что значения МЭД в домах находились в пределах нормы. По итогам измерений плотности потока бета-частиц в домах не обнаружено какого-либо поверхностного радиоактивного загрязнения. Среднее значение мощности эквивалентной дозы в п. Калачи соответствует средним значениям в населенных пунктах области. Наши предварительные данные позволяют считать, что радиоэкологическая обстановка п. Калачи не вызывает особых опасений и не может явиться основной причиной «синдрома Калачи». Однако следует отметить, что наши исследования проводились летом и наши выводы касаются летнего состояния радиационного фона, поэтому было бы интересно проведение исследований содержания радона и продуктов его распада в зимне-весенний период.

Эта работа была выполнена в рамках программы грантового финансирование научных и научно-технических исследований на 2018-2020 годы МОН РК.

Список литературы:

1. Интернет-ресурс: http://tengrinews.kz/kazakhstan_news/sonnaya-bolezn-vnov-nastigla-jiteley-poselka-akmolinskoy-248999/.
2. Интернет-ресурс: <http://regtv.kz/akmolinskaya-oblast/chp/item/539-prichinoy-problem-sela-kalachi-mog-stat-gaz-radon.html?tmpl=component&print=1>.
3. В.В. Романенко, С.Н. Лукашенко, М.А. Умаров, С.Б. Субботин Комплексные исследования на территории села Калачи и прилегающих территорий // Материалы XII Международной научно – практической конференции «Экология. Радиация. Здоровье» посвященная академику Б. Атчабарову и 25-летию закрытия Семипалатинского испытательного ядерного полигона. 2016 г. стр. 166.
4. Каюков П.Г., Бенсман В.А., Федоров Е.В. и др. Изучение взаимосвязи концентрации почвенного радона с его содержанием в воздухе помещений и разработка критериев оценки территорий по степени радоновой опасности. – Алматы: ТОО «ЭКОСЕРВИС- С», 2011. – 157 с.

5. Aliya Tolegenova, Man Cheung Chung, Elmira Boribay, Intik Shayahmetova, Zhanar Moldagazyieva, Saltanat Usubalieva. Psychological research of sleeping sickness in kalachi village. 9th ICEEPSY 2018 International Conference on Psychology & Educational Psychology. 02-05 October 2018, Athens/Greece. www.FutureAcademy.org.UK/conference/ICEEPSY. – p.776-782

**RADIOECOLOGICAL SITUATION OF THE TERRITORY v. KALACHI
LOCATED NEAR THE FORMER URANIUM MINE IN THE AKMOLA REGION
V.A. Bensman¹, Y.Sh. Shayakhmetova², E.S. Boribay³, Zh.Y. Moldagazyieva³,
B.M. Tynybekov⁴, N.N. Salykov³**

¹*Ecoservice-S, Almaty, 050035, Kazakhstan, e-mail: bensman.v@ecoservice.kz*

²*Almaty University of Technology, Almaty, Kazakhstan, e-mail: i_sh13@mail.ru*

³*University Narxoz, Almaty, Kazakhstan, e-mail: eboribai_71@mail.ru*

⁴*Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan,
e-mail: tynybekov.bekzat.72@mail.ru*

Abstract

In the publication, data from a study of the radiation situation in v. Kalachi are considered. According to the results of the beta particles flux density measurements in the houses, no surface radioactive contaminations were detected. The average equivalent dose in v. Kalachi corresponds to the average values of the radiation in the region settlements. Our preliminary data suggest that the radio ecological situation in v. Kalachi does not cause any particular concerns and perhaps cannot be the main cause of the “Kalachi syndrome”.

**КОМПЛЕКСНАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ
ПРОЯВЛЕНИЙ ПОСЛЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ВЗРЫВОВ
В ПОДЗЕМНЫХ РУДНИКАХ**

А.А. Беспалько¹, С.А. Дмитриева¹, В.А. Штирц², П.И. Федотов¹

¹*Томский политехнический университет, Россия, г. Томск*

²*Таштагольский филиал «ЕвразРуда - филиал АО «ЕВРАЗ - ЗСМК»,
Россия, г. Таштагол, Кемеровской обл.*

В настоящей работе представлены результаты комплексного использования для мониторинга и краткосрочного прогноза изменения напряженно-деформированного состояния (НДС) горных пород после воздействия взрывом на примере Таштагольского железорудного месторождения. Породы этого месторождения могут накапливать энергию до 10^9 Дж. В экспериментах использовались данные инфракрасной (ИК) радиометрии, электромагнитной (ЭМЭ) и акустической (АЭ) эмиссий, а также данных Таштагольской сейсмостанции.

Для измерения ИК свечения горных пород и скважин в них использовали тепловизор IRISIS IRI 4010B, который работал на длинах волн $(8-14) \cdot 10^{-6}$ м. Измерение электромагнитной и акустической эмиссий осуществлялось с помощью программно-аппаратного регистратора электромагнитных сигналов РЭМС1, обеспечивающего чувствительность по входу для ЭМЭ – 10^{-5} В, для АЭ – $5 \cdot 10^{-5}$ В. Кроме того, регистратор производил программную оцифровку аналоговых сигналов по шести каналам: электромагнитных сигналов (ЭМС) по электрической или магнитной составляющим, а также акустических сигналов (АС) в широкой полосе частот $1 \div 100$ кГц; ЭМС в полосах с центральными частотами 2 кГц, 15 кГц, 100 кГц; интенсивность импульсного потока ЭМЭ; усреднение амплитуд ЭМЭ и АЭ за 1 или 5 секунд.

При проведении исследований первоначально необходимо было смоделировать интенсивные изменения НДС, сравнимые по энергии с опасными геодинамическими проявлениями, и исследовать параметры и характеристики электромагнитной эмиссии породного массива до и после этих событий. Использовать в качестве модельных естественные геодинамические явления не целесообразно, так как они до свершения события не определены ни во времени, ни в пространстве и могут иметь разброс в десятки и сотни километров, а по времени период проявления событий может достигать годовых значений. Моделирование возникновения и развития деструктивных зон до проявления геодинамических явлений в массиве горных пород возможно в условиях шахт при воздействиях взрывами. В этом случае развитие деструктивных процессов сжато во времени и определено пространством шахты. Кроме того, в шахтных условиях на больших глубинах исключается влияние атмосферного электричества. Технологические взрывы от десятков килограмм до 300 тонн проводились при добыче руды на Таштагольском железорудном месторождении (г. Таштагол, Кемеровская обл.) на глубинах (520–800) м. При этом возникают геодинамические события с энергией до 10^9 Дж, в том числе и горные удары. Причем проявления геодинамических событий могут происходить сразу после технологических взрывов, а также через определенный промежуток времени, что особенно опасно при ведении работ в шахте. Динамика массива может проявляться при малых технологических взрывах, являющихся спусковым элементом при определенных условиях накопления энергии в массиве, и при ведении очистных работ в процессе добычи руды. В связи с этим все нижеприведенные исследования электромагнитной эмиссии проводились в основном в шахте Таштагольского месторождения, сложенного прочными горными породами.

В результате исследований было установлено, что изменения НДС массива горных пород вследствие механоэлектрических преобразований всегда сопровождаются импульсными электромагнитными сигналами и электромагнитной эмиссией. При этом параметры и характеристики ЭМЭ определяются механическими, диэлектрическими и магнитными свойствами горных пород, а также зависят от энергии события на всех этапах его развития. Было установлено, что атмосферное электричество не оказывает влияния на суточный ход электромагнитной эмиссии массива горных пород в рудных шахтах глубиной более 300 метров. Для уверенного и надежного приема ЭМС первоначально разрабатывались методы определения мест установки регистраторов типа РЭМС1 и РЭМАС1, разработанные в Томском политехническом университете.

Сначала был использован метод электромагнитного профилирования, который раньше применялся на дневной поверхности Земли и основывался на измерении локальных постоянных электрических полей в горных породах. Наблюдения изменений интенсивности ЭМЭ в режиме электромагнитного профилирования проводились на протяжении шести лет по одному разу в год в орте 2 горизонта минус 210 на глубине 660 метров от дневной поверхности. Место профилирования было выбрано исходя из того, что с этого горизонта в Таштагольском руднике начали проявляться горные удары большой интенсивности. Целью профилирования было выявление мест и условий наибольшей электромагнитной активности в шахтном поле Таштагольского месторождения. Исследования показали, что преимущественной эмиссионной электромагнитной способностью обладают контакты горных пород на залеченных дайках и трещинах меньшего размера [1]. Это согласуется с результатами лабораторных исследований двойных, тройных и множественных слоистых систем, приведенных в работе. Из-за изменения параметров ЭМЭ во времени отклонения усредненных за одну секунду амплитуд ЭМС при профилировании находилась в пределах 20%. Распространение нарушений в зону проведения взрывных и очистных работ позволило эффективно изучать развитие геодинамических событий. Таким образом, мониторинг изменения напряженно-деформированного состояния массивов по параметрам и характеристикам электромагнитной эмиссии наиболее предпочтительно вести на дайках и контактах пород, имеющих выход на разломы, зоны смещения и смятия, а также в места проведения технологических взрывов.

В качестве еще одного метода для выявления напряженных мест в массиве была привлечена ИК радиометрия скважин и их близлежащих окрестностей. В работе [2] приведены результаты исследований ИК свечения горных пород. Это явление также, как и электромагнитное профилирование, использовалось при выборе мест установки электромагнитных регистраторов типа РЭМС1 и РЭМАС1 для мониторинга изменений НДС массива горных пород по параметрам и характеристикам ЭМЭ. Замеры температуры ИК свечения поверхности, контактов горных пород, а также в скважинах разного назначения проводили с использованием тепловизора IRISYS IRI 4010B. Порог его температурной чувствительности составлял не менее 0.15° С. Тепловизор обеспечивал измерение температуры от минус 10°С до плюс 250°С. На рисунке 1 показано ИК свечение разгрузочных скважин и их окрестностей в орте 11 горизонта минус 350 (глубина 800 м) Таштагольского рудника, а также приведен снимок ИК свечения в скважине на глубине около 12 м, пробуренной более 30 дней перед съемкой. По данным анализа состава кернов, исследованных ранее при бурении, на этой глубине находится контакт магнетитовой руды и сланцев. Многократные исследования показали, что повышенная температура свечение скважин всегда наблюдалось в местах массива горных пород, находящихся под нагрузкой, вызванной технологическими взрывами, особенностями отработки рудного тела, при проходке ортов и штреков, вблизи зон обрушения, сдвижения и т.д.

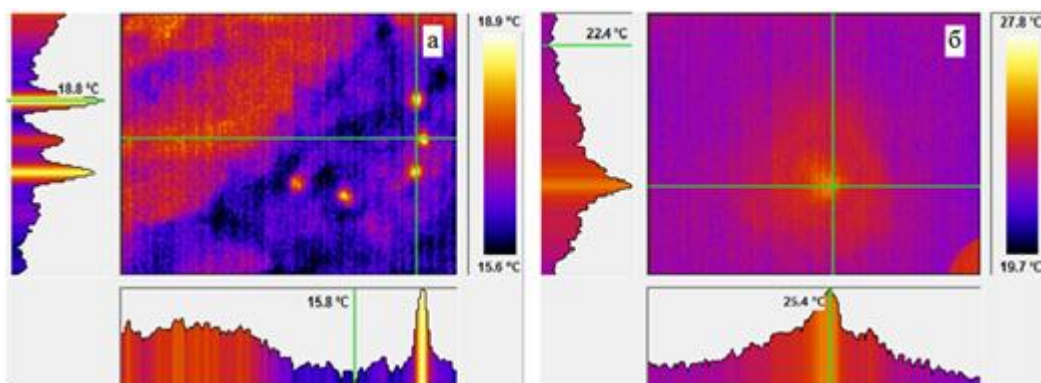


Рис. 1. Инфракрасное свечение поверхности забоя с разгрузочными скважинами диаметром $105 \cdot 10^{-3}$ м орта 11 горизонта минус 350 (глубина 800 м) Таштагольского рудника после выдержки в течение 7 суток после бурения (а); ИК свечение контакта магнетитовой руды и сланцев в скважине на глубине 12 м (б)

Таким образом, инфракрасное свечение скважин отображает процесс подготовки разрушения в определенном напряженно-деформированном объеме породного массива. Основываясь на этом, можно эффективно использовать ИК термографию, наряду с электромагнитным профилированием для определения мест с высоким значением НДС массива горных пород. Выявление участков породного массива с помощью электромагнитного профилирования или ИК радиометрии скважин и их окрестностей, находящихся в повышенном НДС, позволит существенно снизить количество используемых регистраторов электромагнитных сигналов и повысит эффективность прогноза развития и проявления геодинамических событий.

В дальнейшем для отработки метода мониторинга и прогноза геодинамических проявлений в руднике исследовались изменения характеристик ЭМЭ до проведения массовых или технологических взрывов, в момент взрыва и в период релаксации породного массива после взрывного воздействия. Как показали лабораторные и натурные исследования физической основой использования электромагнитного метода для мониторинга образования деструктивных зон и развития геодинамических событий являются закономерности изменения энергетических, амплитудно-частотных, временных и других параметров электромагнитных сигналов в зависимости от НДС горных пород и их физических свойств [3]. В шахте Таштагольского месторождения в ходе экспедиционных работ более 48 раз были проведены четырех и пятисуточные измерения ЭМЭ и АЭ.

На рисунке 2 представлена запись ЭМЭ, связанная с вариациями НДС массива после технологического взрыва, с АЭ и данными Таштагольской сейсмической станции. Масса заложенного для взрыва ВВ составляла 200 тонн. Приборы РЭМС1 с индукционными датчиками устанавливались на горизонте минус 210 в орте 2. Датчики для измерений характеристик ЭМЭ и АЭ размещали в месте контакта породного массива с дайкой, простирающейся в область взрыва. Регистрировались данные по всем 6 каналам с усреднением данных за 5 секунд: интенсивность потока ЭМС; акустическая эмиссия; амплитуда ЭМЭ на широкой полосе частот (1-100) кГц; амплитуды ЭМЭ в полосах с центральными частотами 2, 15 и 100 кГц. Регистрировались данные по всем 6 каналам с усреднением данных за 5 секунд: интенсивность потока ЭМС; акустическая эмиссия; амплитуда ЭМЭ на широкой полосе частот (1-100) кГц; амплитуды ЭМЭ в полосах с центральными частотами 2, 15 и 100 кГц. Анализ данных регистрации показал, что количество и амплитуды высокочастотных сигналов после технологического взрыва аperiodически уменьшаются. Это обстоятельство говорит о снижении количества вновь образованных трещин в массиве размером не более $(5-7) \cdot 10^{-2}$ м или площадью до $5 \cdot 10^{-4}$ м².

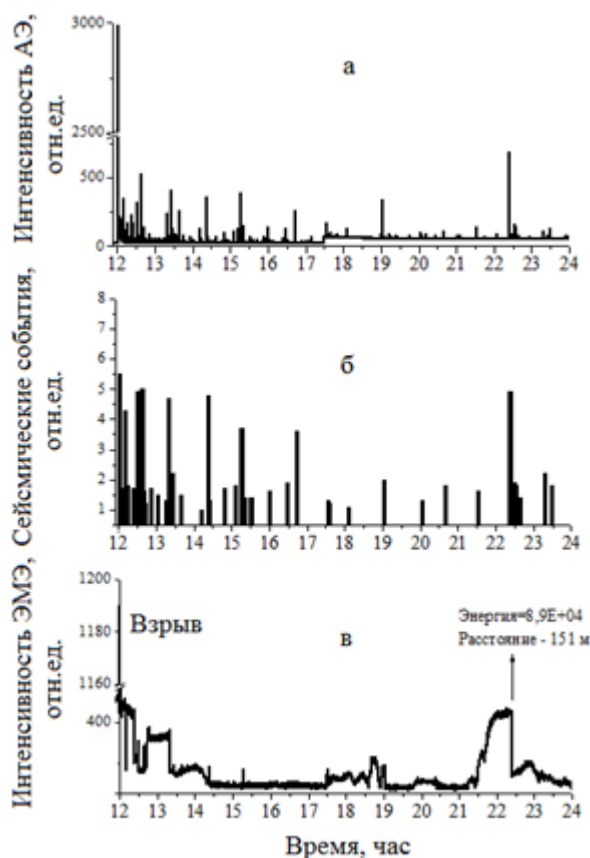


Рис. 2. Изменения характеристик акустической эмиссии (а), класс сейсмических событий (б) и интенсивности электромагнитной эмиссии в полосе частот от 1 до 100 кГц (в) после технологического взрыва массой 200 тонн. Данные регистратора РЭМС1 и сейсмостанции Таштагольского рудника.

Нарастание амплитуд ЭМЭ отмечалось только в полосах с центральными частотами 15 и 2 кГц, что указывает на рост трещин длиной до одного метра или имеющих площадь отрыва до одного квадратного метра. На рисунке 2в выделен пример нарастающих изменений интенсивности ЭМЭ в течение одного часа, резкий спад которой произошел после тектонического толчка четвертого энергетического класса. Это указывает на то, что мониторинг подготовки и развития геодинамических событий возможен при выше указанной установке регистрирующей ЭМЭ аппаратуры. Наблюдаются также случаи, когда после технологического взрыва НДС массива в районе обрушения «мягко» релаксирует в виде толчков. Это зависит от многих факторов, как технологических, так и горно-геологических. На этом же рисунке видно, что интенсивность АЭ и сейсмические события хорошо согласуются с вариациями интенсивности ЭМЭ. Такое же согласие наблюдается и на других частотах. Кроме часовых были зафиксированы минутные и многочасовые изменения ЭМЭ. При этом релаксация массива в течении десятков минут происходит в основном после интенсивных горно-тектонических толчков и горных ударов, а многочасовые изменения ЭМЭ (в течение десятков часов) могут сопровождать сдвиги массива горных пород по разломам и другим тектоническим нарушениям.

Таким образом, использование комплекса средств и методов делает возможным проводить мониторинг и краткосрочный прогноз развития деструктивных зон и геодинамических событий по параметрам и характеристикам электромагнитной эмиссии горного массива.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, проект №19-19-00178

Список литературы:

1. Еременко А.А., Беспалько А.А., Еременко В.А., Яворович Л.В. Диагностика геофизических явлений и развитие технологии разработки железорудных месторождений/ – Новосибирск: Изд-во Наука, 2016. – 296 с.
2. Sheinin V.I., Motovilov E.A., Morozov A.A., Favorov A.V. Identification of stresses in rocks on the basis of changes in density of infrared radiation flux, *Journal of Mining Science*. – 1999. – vol.35 (6). – pp. 602–607.
3. А.А. Беспалько, А.П. Суржиков, Л.В. Яворович, В.А. Штирц и др. Наблюдения изменений напряженного состояния массива горных пород после массового взрыва по параметрам электромагнитной эмиссии, *Физическая мезомеханика*. – 2004. – Т.7. – Ч.2. – С. 253–256.

COMPLEX MONITORING SYSTEM OF GEODYNAMIC EVENTS AFTER TECHNOLOGICAL EXPLOSIONS IN UNDERGROUND MINES

A.A. Bepal'ko¹, S.A. Dmitrieva¹, V.A. Shtirts², P.I. Fedotov¹

¹*Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk*

²*Tashtagol branch of "EvrazRuda" - branch of AO "EVRAZ-ZSMK",
Russia, Tashtagol, Kemerovo region*

Abstract

The results of monitoring of geodynamic events by a complex system are given, including infrared radiometry, electromagnetic and acoustic emissions, as well as observations of the seismic situation in the mine of the Tashtagol iron ore deposit after technological explosions.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА НИЗКОЧАСТОТНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА НЕФТЬ КАЗАХСТАНСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Е.В. Блинаява¹; С.С. Смаилова²; Н.С. Блинаява³; Г.В. Попова⁴

Восточно-Казахстанский государственный технический университет

им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск, 070004, Казахстан,

e-mail: ¹blinaeva-helen@mail.ru, ²saule_smailova@mail.ru,

³natali-blinaeva@mail.ru, ⁴gal_tomsk@mail.ru

Стоимость нефти зависит от степени её технологической подготовки. Нефть, добываемая на разных месторождениях, имеет разный химический состав и значительно отличается по качеству. Наибольшей стоимостью обладает сырая нефть, которая требует минимальных затрат на переработку, именно с этой точки зрения выбираются эталонные сорта, как более качественные и, соответственно, дорогие. К одному из параметров, значительно снижающих стоимость нефти, относится процент содержания серы. Высококачественные эталонные сорта содержат серы в пределах 0,5%. [1]

Сера является наиболее распространенным гетероэлементом в нефтях и нефтепродуктах. Содержание ее в нефти колеблется от сотых долей процента до 14%. Серосодержащие соединения в нефти неравномерно распределены по ее фракциям. Обычно их содержание увеличивается с повышением температуры кипения. Однако в отличие от других гетероэлементов, содержащихся в основном в асфальто-смолистой части нефти, сера присутствует в значительных количествах в дистиллятных фракциях.

В нефтях сера встречается в виде растворенной элементарной серы, сероводорода, меркаптанов, сульфидов, дисульфидов и производных тиофена, а также в виде сложных соединений, содержащих одновременно атомы серы кислорода и азота в различных сочетаниях.

Серосодержащие соединения наиболее вредны как при переработке, так и при использовании нефтепродуктов. Они отрицательно влияют на многие эксплуатационные свойства нефтепродуктов. У автомобильных бензинов снижается приемистость к ТЭС, стабильность, способность к нагарообразованию, коррозионную агрессивность. При сгорании сернистых соединений выделяются SO_2 и SO_3 , образующие с водой коррозионно-агрессивные сернистую и серную кислоты. Серный ангидрид (SO_3) сильнее, чем (SO_2) влияет на нагарообразование, износ и коррозию в двигателе, а также на качество масла. При наличии SO_3 в продуктах сгорания повышается точка росы и тем самым облегчается конденсация H_2SO_4 на стенках гильз цилиндров и усиливается коррозия. При воздействии на масло H_2SO_4 образуются смолистые продукты, образующие затем нагар, обладающий в результате повышенного содержания серы большой плотностью и абразивностью и способствующий износу двигателя. [2]

Сернистые соединения могут вызывать временное обратимое отравление. Вместе с тем, при длительном воздействии сернистых соединений, отравление зачастую бывает необратимым. Отравление сернистыми соединениями избирательно ведет к падению активности катализатора лишь в отношении реакций ароматизации углеводородов. При этом возрастает расщепляющее действие катализатора. Снижение скорости реакции ароматизации, с одной стороны, и усиление реакций распада, с другой, вызывает нарушение селективности процесса, ослабление гидрирующей функции катализатора ведет за собой также более быстрое закоксование катализатора. Наиболее чувствительны к действию сернистых соединений полиметаллические ренийсодержащие катализаторы.

Повышение качества нефти возможно за счет её переработки, а именно удаления серы. Обессеривание или десульфаризация продукта проводится методом разрушения или извлечения сераорганических соединений. Наиболее интересным для получения серосодержащих продуктов, конечно, является экстрактивный метод. [3]

Экстракционный метод — это достаточно технологически сложный процесс, чем «тяжелее» нефть, тем сложнее и дороже процесс каталитической гидроочистки. Связывание серы в сырой нефти происходит при введении катализаторов или адсорбентов, в некоторых случаях микроорганизмов. Процесс каталитической гидроочистки предполагает селективный вывод сернистых соединений путем молекулярного присоединения водорода к сере. На следующем этапе сероводород удаляется из очищенного сырья, после улавливается и опять преобразуется в водород и серу.

Также известны методы «мягкого» селективного обессеривания – биосульфариации, при помощи которой проводится выборочное удаление соединений без деградации других компонентов нефти. Например, плесневые грибы *Stachybotrys* способны удалять до 76% сернистых соединений.

Наиболее технологически приемлемым для промышленности считается метод очистки нефти с окислением сераорганических соединений гидропиридоксидами. Метод позволяет делать выборочную очистку при высокой скорости процесса. При этом сера подлечит последующей обработке, а выделение серы происходит в щелочной среде.

Существуют другие методы селективной очистки углеводородного сырья от сераорганических соединений с различной эффективностью и нагрузкой на экологию.

Стратегией развития Республики Казахстан до 2030 года предусматривается быстрое увеличение добычи и экспорта нефти и газа в целях получения доходов, которые будут способствовать устойчивому экономическому росту и повышению благосостояния народа. Достижение этой цели неразрывно связано с повышением эффективности производства в нефтегазовой отрасли, внедрением прогрессивных технологий по добыче, глубокой переработке и транспортировке топливно-энергетических ресурсов на базе передовых достижений прикладной науки и инженерного дела. [4]

С развитием и разработкой новых инновационных технологий, появилась возможность более детально и углубленно изучать групповой углеводородный состав нефти и нефтяных фракций, что имеет большое значение для нефтехимической промышленности и разработки новых процессов переработки нефтей. [5]

Ученые и исследователи в Казахстане и в мире изучают количественный и качественный состав нефти разрабатываемых и новых месторождений с целью выработки рекомендаций по улучшению имеющихся технологий нефтедобычи, транспортировки и переработки. [6]

Казахстанские ученые детально изучили состав нефтей казахстанских месторождений. Результаты проведенных исследований свидетельствуют о том, что большинство нефтей казахстанских месторождений являются высокосернистыми и высоковязкими, что вызывает необходимость поиска новых методов и технологий, позволяющих снизить данные показатели, повысить рентабельность нефтедобычи и нефтепереработки и уменьшить экологическую нагрузку.

Исследователи Восточно-Казахстанского государственного технического университета им.Д.Серикбаева выдвинули гипотезу о возникновении инфразвуковой низкочастотной кавитации в образцах нефти, подвергнутых воздействию волн низкой частоты. Для проверки гипотезы были проведены следующие исследования. Проведение эксперимента осуществлялось в условиях помещения лаборатории. Образцы сырой нефти разливались в емкости одинакового объема. Каждая емкость маркировалась соответствующими данными (№ пробы, характеристики эксперимен-

та, место забора нефти). Отдельно была подготовлена емкость с контрольным образцом сырой нефти.

Подготовленные емкости с образцами нефти устанавливались под низкочастотным излучателем. На генераторе излучателя устанавливались требуемые параметры инфразвука. После установки всех параметров прибор включался и осуществлялось воздействие звука низкой частоты на экспериментальный образец.

По окончании времени воздействия прибор отключался. Емкость с обработанным образцом заменялась на следующий экземпляр и опыт повторялся.

Продолжительность работы прибора находилась в интервале от 10 мин до 30 мин.

В эксперименте обрабатывались нефти 2-х месторождений Восточно-Казахстанской области: месторождения Зайсан и месторождения Тарбагатай.

До экспериментальной обработки процент содержания серы в образце месторождения Зайсан составил 0,2254, месторождения Тарбагатай – 0,0943.

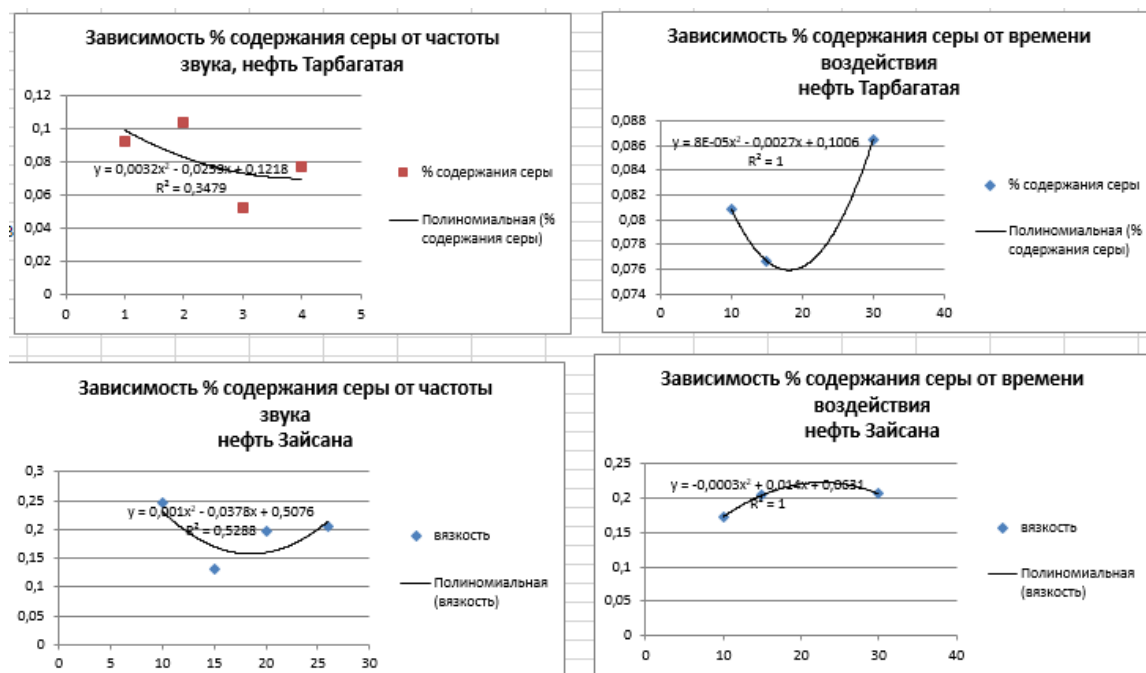


Рис. 1. Графическое представление результатов экспериментальных данных

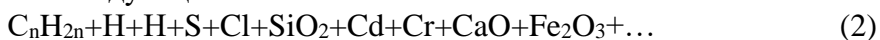
Обработка полученных экспериментальных данных позволила сделать вывод о снижении серы в образцах нефти после обработки звуками низкой частоты в среднем на 14 %.

Полученные результаты могут объясняться следующим образом.

Сырая нефть, парафинового типа может быть представлена следующим составом:



В результате воздействия звуков низкой частоты и диапазоне от 10 до 30 Гц с различной продолжительностью происходит разрыв ковалентных связей в углеводороде с образованием избыточного количества ионов водорода и обработанная нефть может быть представлена следующим составом:



Так как ион водорода находится в свободном состоянии доли секунды, то он объединяется с серой, образуя газ сероводород, который выделяется из состава сырой нефти, уменьшая содержание серы в последней. Изменения химического состава нефти могут быть описаны следующим образом:



В настоящее время авторами статьи ведутся дальнейшие исследования по компьютерному моделированию процесса с использованием среды численного моделирования COMSOL Multiphysics.

Эта работа была выполнена при поддержке Министерства образования и науки Республики Казахстан, грант № 35-293-18 от 05.03.2018 г.

Список литературы:

1. Каминский Э.Ф., Хавкин В.А. Глубокая переработка нефти: технологический и экологический аспекты. М., 2001.
2. Сергиенко С.Р., Таимова Б.А., Талалаев Е.И. Высокомолекулярные неуглеводородные соединения нефти. Смолы и асфальтены. М., 1979.
3. Шахнович М.И. Справочник под ред. В.М. Школьников, Топлива. Смазочные материалы. Технические жидкости, М., 1999.
4. Мырзакожа Д.А., Мирзаходжаев А.А. Современные методы исследования. - Алматы, 2006. – 303 с.
5. Ауэзова Г.А., Татыханова Г.С., Иматова А.Ж. Исследование состава отдельных фракций нефтей Акшабулак и Жетыбай методом хромато-масс-спектрометрии. Вестник КазНТУ, №6 (82), 2010-12-24
6. Журавлева Е.Д. Нефти и породы Тенгизского месторождения. - М. (Деп. в ВИНИТИ, 22.11.90, № 5877-В 90).

**THE SIMULATION OF LOW-FREQUENCY IMPACT
ON KAZAKHSTAN'S CRUDE OIL**

Y.V. Blinayeva¹; S.S. Smailova²; N.S. Blinayeva³; G.V. Popova⁴

*D. Serikbayev East Kazakhstan State Technical University,
Ust'-Kamenogorsk, 070004, Kazakhstan*

*e-mail: ¹blinaeva-helen@mail.ru, ²saule_smailova@mail.ru,
³natali-blinaeva@mail.ru, ⁴gal_tomsk@mail.ru*

Abstract

The article provides a review analysis of scientific literature describing the characteristics of crude oil in Kazakhstan and methods of reducing sulfur in oil. The results of experimental studies on the effects of low-frequency sounds on crude oil samples in order to determine the dependence of the sulfur content on the input characteristics of the experiment are presented.

ПРИМЕНЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКА ДЛЯ ОЧИСТКИ ДИСКОВЫХ ФИЛЬТРОВ УСТАНОВОК МЕМБРАННОЙ ФИЛЬТРАЦИИ

П.А. Бобров¹, Ю.В. Козина¹

¹ ФГУП «ПО «Маяк», г. Озерск, 456780, Россия, e-mail: cpl@po-mayak.ru

Эксплуатация любых мембранных систем включает этап предварительного осветления растворов методами предварительной фильтрации. На стадии предварительной фильтрации мембранных установок, эксплуатируемых на радиохимическом производстве ФГУП «ПО «Маяк» используются дисковые фильтры Azud.

Технология очистки жидких низкорadioактивных отходов сложного химического и радиохимического состава предполагает дозирование в исходные растворы сорбента ферроцианида никеля, вследствие чего, дисковые фильтры характеризуются повышенной величиной мощности амбиентной экспозиционной дозы (МАЭД).

Использование рекомендуемой производителем оборудования промывки дисковых фильтров обратным током воды приводило лишь к кратковременному снижению загрязнений, определяющих повышенную МАЭД.

Обращение с дисковыми фильтрами Azud, имеющими повышенную величину МАЭД, до настоящего времени, сводилось к их хранению в специальных сборниках-хранилищах.

Распространенными способами дезактивации оборудования на предприятиях атомной отрасли является использование щелочных и кислых растворов. В зависимости от типа загрязнений в моющие рецептуры может включаться раствор линейных алкилбензолсульфокислот (ЛАБСК), являющийся универсальным средством по отношению к широкому спектру радиоактивных загрязнений [1].

Ранее было показано, что наложение ультразвука (УЗ) позволяет существенно оптимизировать процесс дезактивации оборудования [2, 3]. Введение УЗ приводит не только к ускорению процесса очистки, но и позволяет получить высокую степень чистоты поверхности.

Следует отметить, что при УЗ обработке материалов важна чистота раствора. Наличие взвешенных частиц в его объеме снижает эффективность отмывки [4].

Целью работы являлась оценка возможности регенерации (дезактивации) дисковых фильтров Azud для последующего использования оборудования в производственном цикле.

Результаты и обсуждение. На первом этапе работ проводили определение наиболее эффективного дезактивирующего раствора. Для этого один или несколько дисков помещали в стеклянный стакан с моющим раствором объемом 2 л, подогретым до температуры (48 ± 5) °С. Далее стакан устанавливали в ультразвуковую ванну, наполненную хозяйственно питьевой водой (ХПВ) аналогичной температуры, и подвергали УЗ обработке. Отмывку дисков проводили циклами длительностью по 10 мин.

После завершения каждого цикла отмывки, диск доставали, осматривали на наличие механических загрязнений, промывали в проточной воде, высушивали на воздухе и измеряли остаточное радиоактивное загрязнение. Далее повторяли УЗ обработку. Для работы использовали ультразвуковую ванну марки УЗВ-18/200-ТН.

В качестве моющих растворов использовали:

I – Щелочной раствор, содержащий: ХПВ, NaOH – 25 г/л, Na₂CO₃ – 20 г/л, Na₃PO₄ – 3 г/л, ОП-10 – 3 г/л;

II – Кислый раствор, содержащий: ХПВ, HNO₃ – 5 г/л, H₂C₂O₄ – 2,5 г/л;

III – ХПВ, ЛАБСК – 10 г/л.

Эффективность дезактивации оценивали по рассчитанному коэффициенту дезактивации, определяемому отношением уровней начального и конечного радиоактивного загрязнения (плотность потока альфа- и бета-частиц, МАЭД) дисков до и после дезактивации. Результаты экспериментов приведены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты отмывки дисковых фильтров при единичной загрузке с наложением ультразвука при температуре раствора (48 ± 5) °С

Моющий раствор	Время обработки, мин	А α , част/(см ² ·мин)		А β , част/(см ² ·мин)		МАЭД, мкЗв/ч	
		До очистки	После очистки	До очистки	После очистки	До очистки	После очистки
I	50	140 – 160	до 20	13000	1 – 10	7,5	0,8
Коэффициент дезактивации		7 – 8		1300 – 13000		9	
II	50	3000	9	10000	10	10	0,5
Коэффициент дезактивации		300		1000		20	
III	60	2000	1 – 2	11000	< 10	9	< 1
Коэффициент дезактивации		1000 – 2000		1100		> 9	

На основании результатов, представленных в таблице 1, можно сделать вывод о том, что все исследованные растворы и режимы отмывки позволяют эффективно удалять с поверхности дисков радиоактивные загрязнения совместно с эксплуатационными отложениями.

Оптимальным способом погружной дезактивации является последовательная УЗ обработка диска сначала в ХПВ, а затем в растворе ЛАБСК. В данном случае достигаются максимальные коэффициенты дезактивации при минимальном использовании моющих реагентов. На первой стадии по результатам визуального осмотра удаляется значительное количество отложений, а на второй стадии происходит дезактивация непосредственно дисковых фильтров.

После отмывки данным способом в течение 40 мин, остаточные значения общего (снимаемого и неснимаемого) загрязнения поверхности одного диска составили: плотность потока альфа-частиц (ППАЧ) – 1 част/(см²·мин); плотность потока бета-частиц (ППБЧ) до 10 част/(см²·мин); МАЭД – до 1 мкЗв/ч.

Данные значения радиоактивного загрязнения поверхности соответствуют принятым нормам ремонтпригодности для действующего технологического оборудования. Контрольные уровни общего (снимаемого и неснимаемого) радиоактивного загрязнения оборудования составляют: ППАЧ – 1 част/(см²·мин), ППБЧ – до 70 част/(см²·мин), МАЭД – не допускается.

Необходимо отметить, что при визуальном осмотре очищенных дисков после использования любого из исследованных растворов не отмечено каких-либо изменений цвета и структуры диска.

На втором этапе работ проведены эксперименты по отмывке одновременно от 9 до 14 дисковых фильтров в растворе ЛАБСК по нескольким режимам. Диски размещали в прорезях пластиковой трубки, закрепленной между стенками УЗ ванны. Расстояние между дисками составляло от 10 до 15 мм. Для дезактивации использовали следующие режимы:

- I – УЗ обработка в растворе ЛАБСК с массовой концентрацией 50 г/л;
- II – УЗ обработка в растворе ЛАБСК с массовой концентрацией 10 г/л;

III – УЗ обработка в ХПВ, затем УЗ обработка в растворе ЛАБСК с массовой концентрацией 10 г/л.

Результаты экспериментов приведены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты отмывки партий дисков фильтров Azud с наложением ультразвука при температуре раствора от 40 до 50 °С

Количество дисков в загрузке, шт.	Режим дезактивации	Время обработки, мин	A α , част/(см ² ·мин)	A β , част/(см ² ·мин)	МАЭД, мкЗв/ч	
8	I	0	4600	26000	65	
		30*	-	-	-	
		смена раствора				
		20*	1 – 2	до 10	0,1	
Коэффициент дезактивации			2300 – 4600	2600	650	
11	II	0	4000 – 13000	26000	25 – 35	
		30*	-	-	-	
		смена раствора				
		10*	1 – 3	8 – 10	0,1	
Коэффициент дезактивации			до 4300	2600 – 3300	250 – 350	
13	III	0	2700	30000	33	
		20**	-	-	-	
		20*	-	-	-	
		смена раствора				
		30*	50	50	0,1	
Коэффициент дезактивации			54	600	330	
Примечание: * - моющий раствор – ЛАБСК; ** моющий раствор – ХПВ						

Как видно из представленных в таблице 2 данных, дезактивация в растворах ЛАБСК с наложением УЗ позволяет практически полностью отмыть дисковые фильтры. Радиоактивные загрязнения, обусловленные альфа-, бета-, гамма-излучающими нуклидами, при наложении УЗ удаляются за 40 - 70 мин. Длительность УЗ обработки зависит от количества дисков в загрузке и величины исходного загрязнения, обусловленного, в основном, количеством механических отложений на поверхности дисков.

Необходимо также отметить, что при одновременной дезактивации нескольких дисков (партии) требуется, как минимум, одна замена рабочего раствора, поскольку образующаяся в растворе взвесь из удаленных частиц отложений приводит к снижению воздействия УЗ на очищаемые поверхности. Вместо полной замены рабочего раствора, возможно, провести его фильтрацию для повторного использования после корректировки химического состава.

Из таблицы 2 видно, что в последнем эксперименте (при одновременной дезактивации 13 дисков) наблюдается снижение эффективности. Данный факт объясняется тем, что при воздействии УЗ колебаний, возможно, происходило смещение дисков из прорезей и слипание друг с другом. Также возможной причиной снижения эффективности дезактивации могло стать экранирование УЗ дисками по отношению друг к другу вследствие их более плотного расположения.

Таким образом, количество загружаемых дисков в партии является определяющим фактором, влияющим на эффективность дезактивации. Для достижения требуемых уровней остаточного загрязнения количество дисков в партии при использова-

нии данной УЗ ванны марки УЗВ-18/200-ТН либо ее аналога со сходными техническими характеристиками не должно превышать 10 штук.

Выводы. На основании предварительного анализа возможных методов и режимов дезактивации были проведены эксперименты по очистке и дезактивации дисковых фильтров Azud в различных моющих растворах с применением ультразвуковой ванны марки УЗВ-18/200-ТН.

Установлено, что погружная дезактивация дисков предварительной очистки Azud в растворах ЛАБСК с наложением УЗ является высокоэффективным методом ускорения процесса регенерации фильтров.

Подобран режим оптимальной дезактивации дисковых фильтров: предварительное замачивание дисков в воде в течение 1 - 3 сут, затем УЗ обработка дисков в растворе с массовой долей ЛАБСК 1 % при температуре 50 °С в течение 50 - 70 мин.

Показано, что коэффициенты дезактивации от альфа-, бета-, гамма-излучающих нуклидов составляют – 4300, 3300, 350.

В процессе отмывки необходимо однократно проводить замену рабочего раствора через 20 - 30 мин от начала УЗ обработки. Количество фильтров в загрузке зависит от технических характеристик УЗ ванны (мощности и габаритных размеров).

Таким образом, жидкостная дезактивация при наложении УЗ позволяет эффективно дезактивировать действующее технологическое оборудование (фильтры предварительной очистки Azud) до норм ремонтнопригодности, что приведет к снижению дозовой нагрузки на обслуживающий персонал и сокращению образующихся твердых радиоактивных отходов.

Список литературы:

1. Минин С.И. Ультразвуковая очистка теплообменного оборудования АЭС // Известия ВУЗов, Ядерная энергетика. – 2018. – № 2. – с. 5 - 12.
2. Зимон А.Д. Дезактивация [Текст]: А.Д. Зимон, В.К. Пикалов. – М.: ИздАТ, 1994. – 336 с.
3. Ерофеева М.В., Ю.В. Козина, Н.А. Кузнецова Оценка эффективности дезактивации технологического оборудования с помощью ультразвука // Тезисы VII Российской молодежной школы по радиохимии и ядерным технологиям. - Озерск, 2016. – С. 162.
4. Агранат Б.А. Ультразвуковая технология [Текст]: Б.А. Агранат, В.И. Башкиров, Ю.И. Китайгородский, Н.Н. Хавский. – М.: Металлургия, 1974. – 504 с.

**USING ULTRASOUND TO CLEAN DISK FILTERS OF
MEMBRANE FILTRATION UNITS**

P. A. Bobrov¹, Y. V. Kozina¹

¹ FSUE Mayak, Ozyorsk, 456780, Russia, e-mail: cpl@po-mayak.ru

Abstract

The paper discusses use of ultrasound with a view to intensifying the process of regeneration of disk filters installed in a membrane unit of low-level waste treatment. The paper demonstrates that the modes developed (including presoaking and further decontamination using ultrasound with process solutions) enable significant decrease in washing time and allow obtaining high decontamination factors.

УДК 629.5:534.6

НЕЙТРОННЫЙ КОНТРОЛЬ СОСТАВА ПРОДУКТИВНОГО УГЛЕВОДОРОДА В ТРУБОПРОВОДЕ

**Б.Ю. Богданович¹; Е.Д. Вовченко¹; О.В. Горбатюк²; А.В. Ильинский³;
А.Ю. Кузнецов³; А.В. Нестерович¹; В.И. Ращиков¹; К.И. Козловский¹;
А.Е. Шиканов¹; Е.А. Шиканов⁴**

¹Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»,
Москва, 111409, Россия, e-mail: aeshikanov14@mail.ru

²Евро-азиатское геофизическое общество, Россия

³Институт геофизических и радиационных технологий Международной
академии наук высшей школы, Москва, 129345, Россия, e-mail: andry49@yandex.ru

⁴ООО «Спецавтоинжиниринг», Москва, Россия, e-mail: eshikanov@mail.ru

В процессе взаимодействия быстрых нейтронов с ядрами кислорода, протекает реакция $^{16}\text{O}(n,p)^{16}\text{N}$ с образованием радиоактивного нуклида ^{16}N . При его β -распаде образуется возбужденное ядро ^{16}O . В дальнейшем возбуждение снимается излучением жесткого γ -кванта, измерение интенсивности которого дает информацию о содержании нуклида ^{16}O в исследуемой среде. Поскольку стехиометрический состав воды предполагает наличие одного ядра кислорода на два ядра водорода (H_2O), а углеводороды не содержат атомов кислорода, то, указанный выше процесс может стать эффективным способом определения, процентного содержания воды в продукте прокачиваемом по магистральному трубопроводу или в продукте, извлекаемом из нефтяной скважины. на количественном уровне, а также влагосодержания различных пористых сред. Это обстоятельство имеет большое значение для нефтедобывающей отрасли РФ.

Изменение во времени γ -активности возбужденных ядер ^{16}O можно описать следующим приближенным дифференциальным уравнением:

$$\frac{dA}{dt} = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} (VQn - A), \quad (1)$$

где $T_{1/2} = 7,35$ с – период полураспада ядра ^{16}N , Q – средний поток нейтронов в полный телесный угол, n – объемная концентрация ядер ^{16}O в исследуемой среде, V – коэффициент с размерностью м^3 , определяемый сечением реакции $^{16}\text{O}(n,p)^{16}\text{N}$, средними значениями длины замедления нейтронов, коэффициентом поглощения γ -квантов, а также геометрией облучения исследуемого объекта. Этот коэффициент имеет физический смысл эффективного объема взаимодействия нейтронов с ядрами ^{16}O в исследуемой среде.

Измеряя на фиксированном участке наведенную активность A , можно получить информацию о содержании кислорода, а следовательно, и процентное содержание воды в углеводородном сырье. При этом должно выполняться следующее приближенное соотношение:

$$A \approx QnV, \quad (2)$$

Эта формула позволяет, по измеренной средней активности, идентифицировать дефицит или избыток кислорода.

Порог реакции $^{16}\text{O}(n,p)^{16}\text{N}$ равен 10.2 МэВ, поэтому для ее обеспечения пригоден управляемый излучатель 14-МэВ нейтронов на базе ускорительной трубки (УТ), использующий ядерную реакцию $\text{T}(d,n)^4\text{He}$. Идентификация жестких γ -квантов (энергия $E_\gamma = 6.13$ МэВ, 7.1 МэВ), излучаемых ядрами ^{16}N , осуществляется путем энергетической отсечки более мягкого ($E_\gamma < E_0 = 3$ МэВ) γ -излучения от других нестабильных изотопов в окружающей детектор среде за счет введения соот-

ветствующих энергетических порогов регистрации. Такой прием позволяет отказаться от использования в системе регистрации многоканального γ -спектрометра, существенно упростить при этом электронную схему прибора, а также повысить ее надежность. Указанный метод успешно применялся для идентификации воды в нефтегазовых скважинах и определения, таким образом, водо-нефтяного контакта [1, 2]. На рис.1 представлена блок-схема действующего макета предлагаемого аппаратного комплекса на базе управляемого малогабаритного нейтронного излучателя, на основе запаянной УТ.

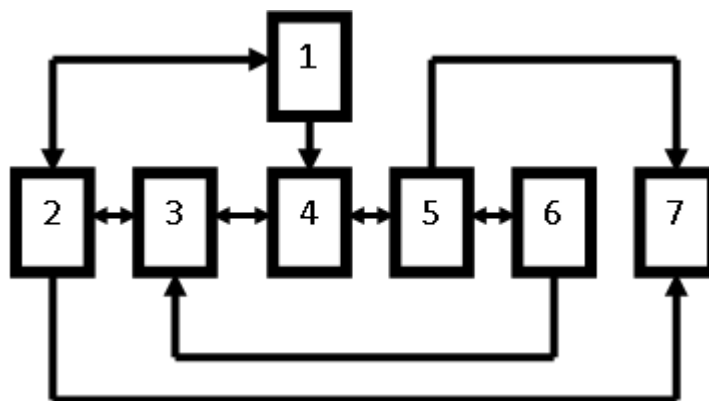


Рис. 1. Блок-схема действующего макета активационного аппаратного комплекса: 1- внешний блок; 2- блок телеметрии; 3- система формирования сигнала; 4- общий низковольтный блок питания; 5- высоковольтные блоки питания системы регистрации и источника ускоряющего напряжения; 6- сцинтилляционный детектор γ - излучения; 7- управляемый нейтронный излучатель.

Он позволяет получать в импульсно-периодическом режиме потоки 14-МэВ нейтронов в полный телесный угол превышающие 10^8 н/с с частотой следования нейтронных вспышек $f=10-30$ Гц. В экспериментах сначала использовался прибор, описанный в [3], а затем был разработан специальный излучатель, на базе УТ с магнитной системой подавления ее электронной проводимости, позволяющий оптимизировать условия генерации нейтронов. Представленная здесь блок- схема легла в основу разработки проекта эксплуатационного прибора нейтронного контроля.

В процессе активационного анализа выделяется информация о γ -излучении возбужденных ядер ^{16}O на фоне γ - излучения радиационного захвата. Временная структура гамма- поля радиационного захвата иллюстрируется на рис.2.

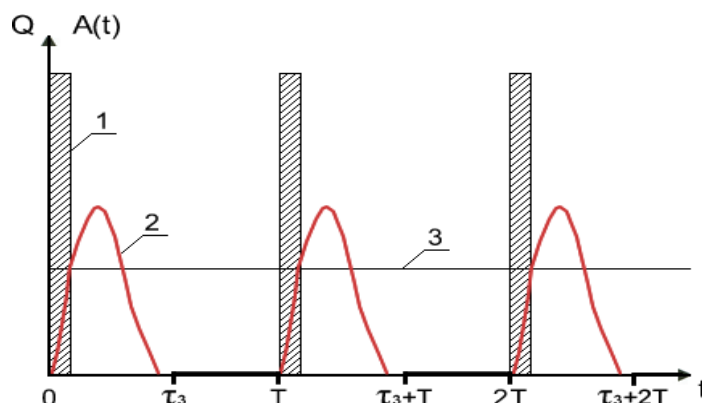


Рис. 2. Временная структура потока быстрых нейтронов, излучаемых УТ (1), потока γ -квантов радиационного захвата (2) и потока γ - квантов, излучаемых возбужденными ядрами ^{16}O (3).

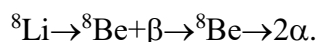
Она представляет собой периодический поток импульсов излучения (период $T=f^{-1}$) с длительностью не превышающей 1мс и частотой повторения равной f . Регистрация активационных γ -квантов осуществляется детектором, расположенным

внутри трубопровода, после того, как плотность γ -квантов радиационного захвата спадет до уровня на порядок меньшего, чем уровень внешнего γ -фона. Для этого необходимо, что бы промежуток времени между двумя нейтронными вспышками превышал более чем в 5 раз постоянную спада поля γ -квантов радиационного захвата.

Между нейтронной вспышкой и началом измерений устанавливается временная задержка $\tau_3 \approx 5-7$ мс, чтобы гарантировать исчезновение излучения радиационного захвата. Для устранения фона мешающего излучения других радионуклидов измерения необходимо проводить с энергетической отсечкой на уровне $E_0 = 3$ МэВ. Измерение интегрального счета фотонов должно прекращаться перед началом следующего срабатывания УТ.

Опыт работы с УТ на базе вакуумно-дугового ионного источника говорит о том, что нестабильность генерации нейтронов от импульса к импульсу может достигать 50%. Поэтому в случае использования этих изделий необходимо вводить в состав системы регистрации монитор потока нейтронов для получения поправок на указанную нестабильность. Определение γ -активности происходит автоматически микропроцессором системы телеметрии.

В экспериментах с образцами использовались два типа мониторов нейтронного потока УТ на основе сцинтилляционных детекторов [1]. В первом осуществляется пороговая ядерная реакция $^{11}\text{B}(n,\alpha)^8\text{Li}$. При этом регистрируются запаздывающие α -частицы, которые образуются в результате следующей цепочки распадов:



Во втором случае был реализован метод протонов отдачи.

Концентрация ядер кислорода определяется по формуле (1). Калибровочный коэффициент V можно определить по измерениям с эталонными образцами. Эксперименты показали принципиальную возможность оценки процентного содержания воды в углеводородном сырье с точностью 20-30 %. Для повышения точности метода необходимо использовать более эффективные мониторы. Поэтому в дальнейшем предполагается использовать алмазные α -детекторы, располагаемые в рабочем объеме УТ. Такие перспективные принципы мониторингования на основе детекторов из синтетического алмаза и кристаллов YAP(Se) описаны в работе [4].

Работа выполнена в рамках соглашения № 15-19-00151 о предоставлении Российским научным фондом гранта на проведение фундаментальных и поисковых научных исследований.

Список литературы:

1. Богданович Б.Ю. Дистанционный радиационный контроль с линейными ускорителями. Т.2. Комплексы радиационного контроля /Б.Ю.Богданович, А.В.Нестерович, А.Е.Шиканов и др. // М., Машиностроение, 2012, 284 с.
2. Жуйков Ю.Ф. Использование нейтронных генераторов для контроля повышения нефтеотдачи скважин при ультразвуковом воздействии. / Ю.Ф. Жуйков и др. // Атомная энергия, т.97, в.3, 2004, с.222-224.
3. Бессарабский Ю.Г. Управляемый скважинный излучатель нейтронов. / Ю.Г.Бессарабский, Е.П.Боголюбов, И.Г.Курдюмов и др. // Атомная энергия, т. 77, и.3, 1994, с. 226-228.
4. Плешакова Р.П. Исследование возможности создания частотных ускорительных трубок с α детекторами на основе синтетических алмазов. Научная сессия МИФИ-2004. Сборник трудов, т.7, М., 2004, с. 166-168.

**NEUTRON CONTROL OF THE PRODUCTIVE HYDROCARBON
COMPOSITION IN PIPELINE**

**В.У. Богданович¹, Е.Д. Вовченко¹; О.В. Горбатыук²; А.В. Илынский³,
А.У. Куснетсов³, А.В. Нестерович¹, В.И. Рашчикова¹, К.И. Козловский¹,
А.Е. Шиканов¹, Е.А. Шиканов⁴**

¹*National Research Nuclear University MPhI, Moscow, 111409, Russia,
e-mail: aeshikanov14@mail.ru*

²*Euro-aziation Geophysics Society, Moscow, Russia*

³*Institute of Geophysical and Radiation Technology of IA SHS, Moscow, 129345, Russia,
e-mail: andry49@yandex.ru*

⁴*LLC«Spetsavtoinzhiniring», Moscow, Russia, e-mail: eshikanov@mail.ru*

Abstract

The method and an experimental device for neutron control of the water percentage in hydrocarbon raw material extracted from an oil producing well or pumped through a main pipeline are described. Prospects for the creation of operational equipment discussed.

ОБОСНОВАНИЕ УСЛОВИЙ И ОСОБЕННОСТЕЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОДЗЕМНОЙ ГОРНОЙ ТЕХНИКИ С ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ПРИВОДОМ

А.А. Бондаренко

ИПКОН РАН, г. Москва, 111020, Россия, e-mail: alisha2413@yandex.ru

Применение самоходного горного оборудования на базе электрического привода и аккумуляторных батарей неразрывно связано с возможностью использования возобновляемых источников энергии, равно как и с проведением мероприятий по повышению энергоэффективности [1]. Поэтому, рассмотрение вопроса компенсации роста затрат энергии при ведении горных работ за счет организации, сбора, преобразования, передачи и аккумулирования энергии перемещаемых рудничных потоков в рамках горнотехнической системы, является не только актуальным, но и инновационным способом повышения энергоэффективности горного производства и снижения отрицательного влияния горных работ на экосистему горнопромышленных регионов.

Действительно, добыча георесурсов, предусматривающая получение и использование техногенных возобновляемых источников энергии (ВИЭ), позволяет существенно повысить эффективность горных работ. Необходимость в развитии использования ВИЭ продиктована ограниченностью и невозобновляемостью энергоресурсов (нефтепродукты, газ, электроэнергия посредством тепловых электростанций, атомных электростанций и т.д.), их экологической опасностью для окружающей среды и человека.

Улавливание энергии рудничных потоков как возобновляемого источника энергии осуществляется путем внедрения подземных систем генерации и накопления энергии. Так как приток подземных вод в подземном пространстве является достаточно стабильным и неизбежным следствием техногенного изменения недр, использование энергии этого локального источника может значительно повлиять на потребности во внешнем электроснабжении в сторону сокращения энергетических и финансовых затрат.

На сегодняшний день горнодобывающие предприятия используют в основном самоходное оборудование с дизельным приводом, что отрицательно сказывается на себестоимости выпускаемой продукции и негативно влияет на состояние окружающей среды. Переход к энергоэффективным геотехнологиям подразумевает достижение не только сбережение энергоресурсов и комплексное использование энергетических ресурсов недр земли, но и переход на экологически безопасные и экономически эффективные электромобили. Этому соответствует перевод техники на электрический привод.

Внедрение энергоэффективных технологических решений и развитие ресурсосберегающих и возобновляемых геотехнологий при комплексном освоении недр напрямую зависит от перспектив использования возобновляемых источников энергии в условиях горнотехнической системы [2]. Тенденция устойчивого роста интереса к повышению энергоэффективности горного производства и поиск методов, направленных на энергосбережение при реализации технологических процессов обусловлены активным развитием Индустрии 4.0 и внедрением роботизированных геотехнологий, направленных на повышение безопасности горных работ [3]. Поэтому, повышение энергоэффективности и обеспечение ресурсосбережения горных предприятия неразрывно связано с модернизацией производства и внедрением новой техники с элементами искусственного интеллекта [4].

Для повышения энергоэффективности функционирования горнотехнических систем, оснащенных роботизированной техникой, Отделом теории проектирования освоения недр ИПКОН РАН под руководством профессора М.В. Рыльниковой был предложен подход, предусматривающий компенсацию роста потребляемой электроэнергии, за счет получения возобновляемого источника энергии в ходе реализации геотехнологических процессов освоения месторождений полезных ископаемых [5]. Причем, перспективным технологическим решением для получения электроэнергии является преобразование энергии потоков гидросмесей, перемещаемых в системах шахтного и карьерного водоотлива, в электрическую энергию [6].

Таблица 1

Факторы, определяющие эффективность технического переоснащения рудника

Факторы, определяющие эффективность технического переоснащения рудника	Привод			
	+/-	Дизельный	+/-	Электрический
Условия заправки оборудования	+	быстрая заправка	+	смена заряженного аккумулятора в течении 5 минут
Инвестиционная привлекательность	+	низкие капитальные затраты	+	низкие эксплуатационные затраты
	-	высокие эксплуатационные затраты	-	высокие капитальные затраты
Питающий энергоресурс	-	затраты на дизельное топливо выше чем на электричество	-	со временем аккумулятор деградирует и теряет часть запаса емкости
Негативное влияние на окружающую среду	-	высокое загрязнение воздуха выбросами выхлопных и парниковых газов	+	отсутствие выхлопных газов, низкий уровень шума, вибрации и испускание меньшего количества тепла
Количество выделяемой теплоты	-	выделяет больше тепла, что влияет на износ деталей	+	меньшее количество теплоты, следовательно снижает риск растепления горных пород в условиях вечной мерзлоты
Влияние на вентиляционную систему рудника	-	требуется больше подаваемого воздуха для разжижения выхлопных газов, тем самым создается нагрузка на вентиляцию	+	требуется на 50% меньше затрат на вентиляцию, чем при использовании дизельного привода
Энергоэффективность	-	КПД составляет 30-35%	+	КПД составляет 90%

Потоки гидросмесей включают круглогодичные самотечные потоки вод системы водоотлива, перемещаемых сверху-вниз на километры, потоки закладочной смеси и пульпы на основе хвостов обогащения, поступающих от поверхностных закладочных комплексов и обогатительных фабрик до нижних эксплуатационных горизонтов подземных рудников.

Величина энергии этих потоков зависит от объемов гидросмеси ($Q_{гс}$, м³/с), ее плотности, разности высотных отметок подачи и приема смеси.

Получение энергии от потоков гидросмеси возможно на основе усовершенствования конструкции малой гидроэлектростанций (ГЭС). Анализ мирового опыта свидетельствует, что эксплуатация малой ГЭС в два раза экономичнее тепловых электростанций (ТЭЦ). В связи с этим, проектирование макро (до 5000 кВт и более) и микро (до 100 кВт и более) гидроэлектроустановок (ГЭУ) малой мощности по аналогии с ГЭС также имеет большие перспективы, особенно при разработке рудных месторождений твердых полезных ископаемых в сложных гидрогеологических условиях, а также на больших глубинах.

Количество электроэнергии, получаемой на конкретном участке свободного перепуска шахтных потоков, приводящих в движение турбину микро ГЭС можно рассчитать, используя следующие уравнения [7]:

$$Q_{гс} = S \cdot v; \quad (1)$$

$$d_{скв} = 4 \cdot Q / \pi \cdot 3600 \cdot v; \quad (2)$$

$$v = (4 \cdot Q) / (\pi \cdot d_{скв}^2); \quad (3)$$

$$n = 300 \sqrt{H}; \quad (4)$$

$$P = 9.81 \cdot Q \cdot H \quad (5)$$

где, $Q_{гс}$ - расход гидросмеси (л / сек);

S - сечение потока (м²);

v - скорость течения гидропотока в рабочих колесах (м/сек);

$d_{скв}$ – диаметр скважины

n – скорость вращения работающего рабочего колеса (турбины (об/мин.);

H - полный гидростатический напор (м);

P - мощность (кВт).

С учётом напора потока H , можно определить воспроизводимую мощность $P_{гс}$ (Вт) гидроэлектроустановки малой мощности:

$$P_{гс} = \rho \cdot g (h_{в} - h_{н}) \cdot Q_{гс} = \rho \cdot g Q_{гс} H_{п}; \quad (6)$$

где напор $H_{п}$ – разность геодезических уровней расположения скважины на верхнем $h_{в}$ (м) и нижнем $h_{н}$ (м) горизонтах; величина расхода в единицу времени $Q_{гс}$ (м³/с) перепускаемой по скважине гидросмеси со скоростью v (м/с);

ρ – плотность гидросмеси, кг/м³;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

$Q_{гс}$ – расход гидросмеси, протекающей через перепускную или закладочную скважину, м³/ч;

$H_{п}$ – напор гидросмеси в перепускной или закладочной скважине, м.

Полученные выходные данные расчетных параметров ГЭС, могут быть в переходном и постоянном.

Анализ полученных данных свидетельствует, что величина энергии шахтных гидропотоков зависит от высоты перепуска гидросмеси с верхних горизонтов рудника до заданного проектом основания (длины, размера и типа используемых выработок, перепускных скважин и трубопроводов) [8]. Далее, электроэнергия передается от генератора на аккумулирующую станцию. На этом участке также теряется часть энергии. Обычно высокоэффективная энергосистема требует больших затрат. При условии, что система обладает достаточным напором и расходом гидросмеси, рассматриваются другие аспекты – затраты, материалы и прочее [9].

Решение найдено в установке зарядных станций бесперебойного питания непосредственно на месте генерации энергии. Такие станции состоят из батарей, которые накапливают сгенерированную энергию для последующей зарядки аккумуляторов горных машин, либо сразу заряжают питающие элементы.

Преимущественное использование электрического горного оборудования, позволяет сократить производственные выбросы в атмосферу, в первую очередь выбросы выхлопных газов систем ДВС, а также стимулирует развитие технологий воспроизводства энергии за счет внедрения возобновляемых источников энергии в горно-технической системе. Повышение энергоэффективности и сокращение расхода энергии горных предприятий за счет ее воспроизводства от возобновляемых источников энергии в ходе горных работ будет способствовать улучшению состояния окружающей среды на планете за счет сокращения выбросов CO₂, экономии природных топливно-энергетических ресурсов.

Таблица 2

Выходные данные расчетных параметров ГЭС

Исходные данные	Ед.изм.	Расчетные параметры воспроизводства электроэнергии от потока шахтной воды				
		30	45	60	70	100
Напор Н	м	30	45	60	70	100
Расхода в единицу времени $Q_{гм}$	м ³ /с	5	5	5	5	5
Диаметр скв	м	250	150	125	100	75
Скорость	м/с	0,34	0,96	1,38	2,165	3,85
Скорость вращения турбины - n	об/мин.	1644	2010	2322	2520	3000
Мощность ГЭС - $P_{гэс}$	кВт	38	53	76	91	106
Кол-во полученной энергии - $P_{гс}$	кВт	75	112	150	175	250

Повышение энергоэффективности горного производства имеет актуальный характер, как с экологической точки зрения влияя на окружающую среду, так и для энергообеспечения горных предприятий при переходе новому технологическому укладу.

Исследования выполняются в рамках темы ИПКОН РАН 0138-2014-0001

Список литературы:

1. Каплунов Д.Р., Рыльникова М.В., Радченко Д.Н. Реализация концепции устойчивого развития горных территорий - базис расширения минерально-сырьевого комплекса России // Устойчивое развитие горных территорий, 2015. -Т. 7. № 3. - С. 46-50.
2. Radchenko, D., Bondarenko, A. Mining engineering system as an energy asset in industry 4.0 // Rudenko International Conference "Methodological Problems in Reliability Study of Large Energy Systems", RSES 2018; Irkutsk. Volume 58, 10 October 2018, Article number 01009.
3. Rylnikova, M. Intelligent Mining Engineering Systems in the Structure of Industry 4.0 // 2nd International Innovative Mining Symposium, IIMS 2017; Kemerovo. Volume 21, 10 November 2017, Article number 01032.
4. Kaplunov, D. The new wave of technological innovations for sustainable development of geotechnical systems // 7th International Scientific Conference "Problems of Complex Development of Georesources", PCDG 2018; Mining Institute Far Eastern Branch Russian Academy of Sciences 680000 Turgenev St. Khabarovsk. Volume 56, 26 September 2018, Article number 04002
5. Горное дело. Терминологический словарь (5-е издание, переработанное и дополненное) / Под ред. К.Н. Трубецкого, Д.Р. Каплунова. М.: Горная книга, 2016. -635 с.

6. Радченко Д.Н., Бондаренко А.А. Принципы технического перевооружения подземных рудников в связи с использованием ВИЭ и развитием отечественного приборостроения // В Сб: Проблемы и перспективы комплексного освоения и сохранения земных недр. М.:ИПКОН РАН, 2018. -С. 16-20.
7. Гашинский Ю.П. Методика расчета, обзор конструкции и компоновка микро ГЭС
8. Д.Р. Каплунов, М.В. Рыльникова, Д.Н. Радченко. Проблема использования возобновляемых источников энергии в ходе разработки месторождений твердых полезных ископаемых // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых, 2015. -№1. –С. 88-96
9. Рыльникова М.В., Струков К.И. Исследование закономерностей получения возобновляемой энергии в ходе реализации геотехнологических процессов при освоении Кочкарского золоторудного месторождения // «Комбинированная геотехнология: ресурсосбережение и энергоэффективность», IX международная конференция, тезисы доклада конф., 2017. –С.125-126

**CONDITIONS AND FEATURES JUSTIFICATION OF UNDERGROUND
MINING EQUIPMENT WITH ELECTRIC DRIVE OPERATION**

A.A. Bondarenko

IPKON RAS, Moscow, 111020, Russia, e-mail: alisha2413@yandex.ru

Abstract

The use of self-propelled mining equipment based on electric drive and rechargeable batteries is linked with the possibility of using renewable energy sources, as well as taking energy efficiency measures. Therefore, consideration of the issue of compensating for the increase in energy costs in mining operations by organizing, collecting, converting, transferring and storing energy of materials flows within the mining system is not only relevant, but also an innovative way to increase the energy efficiency of mining production and reduce the negative impact of mining works on the ecosystem of mining regions.

ИНТЕГРИРОВАННЫЕ ЦЕЛИ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ РЕСУРСООРИЕНТИРОВАННЫХ РЕГИОНОВ С АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНЫХ ПОЗИЦИЙ

И.Г. Борисова

*Амурский филиал Ботанического сада-института ДВО РАН,
г. Благовещенск, 675000, Россия, e-mail: borisovagis@mail.ru*

В настоящее время на планете Земля происходит глобальное нарушение окружающей среды, что выражается, прежде всего, в нестабильности климата [1, 2, 3, 4]. Основную причину роста нестабильности климата связывают с прогрессирующей абиотизацией суши, которая приводит к перераспределению поглощаемой Землей солнечной энергии из сферы биокруговорота во внешнюю ветвь геокруговорота [5]. Но на отдельных территориях можно восстановить или сохранить потенциал экологической устойчивости, который будет работать на восстановление и поддержание потенциала глобальной экологической устойчивости. Для этого следует восстановить или сохранить естественные экосистемы в том объеме, который обеспечил бы на данной территории выполнение принципа Ле Шателье, т.е. вести хозяйственную деятельность в пределах естественной емкости экосистем на данной территории или в данной стране.

Стартовые условия для устойчивого экологического развития с позиции биотической регуляции окружающей среды далеко не одинаковы у каждой страны и целых регионов. Худшие стартовые условия у тех стран, которые практически полностью разрушили на своих территориях естественные экосистемы. Эти страны лежат в пределах трех глобальных зон дестабилизации окружающей среды [6]. Только у 5,4 % стран мира есть хорошие стартовые условия для обеспечения экологически устойчивого развития. К ним относятся две крупнейших страны северного полушария (зона стабилизации окружающей среды) – Россия и Канада [6]. Это связано с тем, что на их территориях сохранились крупные массивы естественных лесов, лугов и болот.

За счет малоосвоенных территорий РФ в северном полушарии в глобальном масштабе обеспечивается как национальная, так и глобальная экологическая безопасность. В настоящее время можно констатировать, что на этих территориях России сохраняются механизмы биотической регуляции окружающей среды (по В.Г. Горшкову [7]), что особенно ценно с глобальных позиций сохранения биосферы Земли для настоящих и будущих поколений. Возможность сохранить эти механизмы определяется, прежде всего, способами организации хозяйственной деятельности на малоосвоенных территориях. Здесь нет другой альтернативы, как адаптивно-ландшафтная организация территории, которая основывается на географическом подходе изучения пространственного распределения природных территориальных комплексов разного ранга, их механизма функционирования и адаптации хозяйственных объектов к ним.

Адаптивно-ландшафтная организация территории дает эффективный результат в случае ее системной организации, что подразумевает стратегическое планирование с адаптивно-ландшафтных позиций. Стратегическое планирование всегда опирается на интегральные цели, которые с мировоззренческих экологических позиций обеспечивают не только социально-экономическую стабильность развития страны, но и экологическую устойчивость всей планеты Земля. Интегрированные адаптивно-ландшафтные цели территориального развития следует трактовать как фундаментальную основу экологически ответственного обустройства антропогенной деятель-

ности, которая позволяет встроить территориально-хозяйственную систему в географическое пространство с учетом экологических ограничений и закономерностей его ландшафтного устройства.

Для практики полезна непротиворечивая последовательность процесса интеграции целевых установок. Сначала – учет биосферных ограничений, связанных с энергетическим круговоротом на Земном шаре; далее – учет ландшафтного и биологического разнообразия на типологическом уровне ландшафтной организации территории; затем – учет потенциальной устойчивости индивидуальных ландшафтов; и на уровне морфологических частей ландшафта – учет их функциональных, геохимических и визуальных (аттрактивных) особенностей.

Генеральной целью территориального освоения с биосферных позиций является сохранение геосистем в состоянии самовосстановления и присущих им инвариантов. Для установки локальных целей среднemasштабного планирования используются категории потенциальной устойчивости ландшафта, степени их редкости или типичности и уровня биологического разнообразия.

Потенциальная устойчивость ландшафтов определяется как суммарный показатель по усредненной величине доминирующих параметров и относительной доли дополнительных параметров [8]. Доминирующие параметры характеризуют внешние условия существования ландшафта (характеристики тепла и влаги, сейсмичность), дополнительные параметры – внутренние условия, определяющие состояние ландшафта (литолого-геоморфологические, криогенные, почвенно-биологические и геохимические характеристики). Степень редкости или типичности соответствует 3% барьеру распространения на территории региона. Уровень биоразнообразия того или иного ландшафта определяется на основе анализа данных о видовом разнообразии флоры и фауны, о присутствии редких, реликтовых, эндемичных видов растений и животных с учетом структурных особенностей растительного покрова и особенностей состава животного населения и его динамики. По потенциальной устойчивости ландшафты делят на пять групп, а по ландшафтно-биологическому разнообразию – на четыре группы (табл. 1).

Локальные целевые установки, ориентированные на главные цели использования территории в условиях равных приоритетов сохранения экологического равновесия и устойчивого социально-экономического развития, сводят к пяти типам (табл. 1).

Для формулирования интегрированных целей территориального развития Амурской области с адаптивно-ландшафтных позиций имеются следующие сведения о геосистемах.

Амурская область относится к регионам нового освоения, занимает значительную площадь (363,7 тыс. км² - 2,1 % площади РФ) и в планетарной иерархии геосистем располагается: в умеренном географическом поясе (между 48°51' и 57°04' с.ш. и 119°39' и 134°55' в.д.); в двух зонах - суббореальной гумидной (0,7 % от общей площади зоны) и бореальной (1,2 %); в границах трех физико-географических стран – Амуро-Сахалинской, Горной стране Прибайкалья и Забайкалья и Горной стране Дальнего Северо-Востока [9, 10, 11]. На её территории выделено 5 физико-географических областей и 11 провинций.

Среди субъектов юга российского Дальнего Востока Амурская область выделяется достаточно большим разнообразием геосистем, которые относятся по классификации В.А. Николаева (1978) [12] к классу равнинных и горных, к типу лесных, болотных и лугово-болотных. Всего на территории Амурской области выявлено 95 видов ландшафтов и 3 типа пойм (на уровне морфологических частей ландшафта – местностей).

Из классов и подклассов на территории Амурской области выделены равнинные и горные геосистемы, плоскогорья, холмогорья и плато. Равнины занимают 34 % от

площади области, горы – 44 %, плоскогорья высокие – 0,3 %, холмогорья – 14 % и плато – 8 %. По зональным характеристикам геосистемы относятся к средней и южной тайге, подтаёжной зоне, северной подзоне зоны широколиственных лесов (неморальной). В горах имеется определенный набор высотных поясов (гольцово-горно-тундровый, подгольцово-редколесный, таёжный, подтаёжный, неморальный). Всего на территории Амурской области выделено 20 геосистем [13], среди них определены редкие и типичные, в границах которых индивидуальные ландшафты оценены по потенциальной устойчивости.

Таблица 1

Интегральные цели адаптивно-ландшафтной организации мало освоенной территории Амурской области с ресурсоориентированной экономикой

Сохранение – генеральная цель		Ландшафтное и биологическое разнообразие на типологическом уровне ландшафтной организации территории			
		Локальные цели	Редкие ландшафты с высоким биоразнообразием	Типичные ландшафты с высоким и средним биоразнообразием	Редкие ландшафты со средним и низким биоразнообразием
Потенциальная устойчивость индивидуальных ландшафтов	Очень неустойчивые	С	ОЩ	ОЭ	ОЭ
	Неустойчивые	ОЩ	ОЩ	ОЭ	ОЭ
	Слабо устойчивые	ОЭ	ОЭ	ОЭ	ОИ
	Устойчивые	ОИ	ОИ	ОИ	ОИ
	Высоко устойчивые	ОИ	ОИ	ОИ	ОИ
Сильно освоенные ландшафты		-	Р	-	Р

Примечания. С - сохранение и отказ от освоения; ОЩ - сохранение и освоение в щадящем природоохранном режиме; ОЭ - сохранение и экстенсивное освоение с учетом восстановительного потенциала; ОИ - сохранение и интенсивное освоение по принципам «зеленой экономики»; Р - реконструкция ландшафтов, биоинженерные мероприятия и «зеленая экономика».

Оценка ландшафтов в категориях потенциальной устойчивости и ландшафтно-биологического разнообразия ориентируется на определение общей предпочтительности использования того или иного ландшафта для генеральной цели сохранения и локальных целей устойчивого и экологически ответственного освоения и использования (табл. 1).

Карта-схема концептуального территориального развития Амурской области с адаптивно-ландшафтных позиций (рис. 1) разрабатывалась с тем, чтобы:

- выделить территории, рекомендуемые для отказа от освоения и какого-либо использования;
- определить территории, где их использование может привести к деградации ландшафта и необратимым процессам, поэтому целесообразно развивать здесь такие виды деятельности, которые предполагают щадящий природоохранный режим;
- обозначить территории, где возможно экстенсивное освоение и использование, но предполагается защита ландшафта от негативных воздействий, прежде всего, на почвенно-растительный покров, ограниченное использование в условиях самовосстановления;

- выделить благоприятные территории, в которых имеются высокие возможности к самовосстановлению, и они пригодны к интенсивному использованию, но по принципам «зеленой» экономики;
- показать сильно освоенные территории, где необходима частичная реконструкция ландшафтов, повсеместное проведение биоинженерных мероприятий, развитие только «зеленой» экономики и модернизация существующего хозяйства в русле «зеленой» экономики.

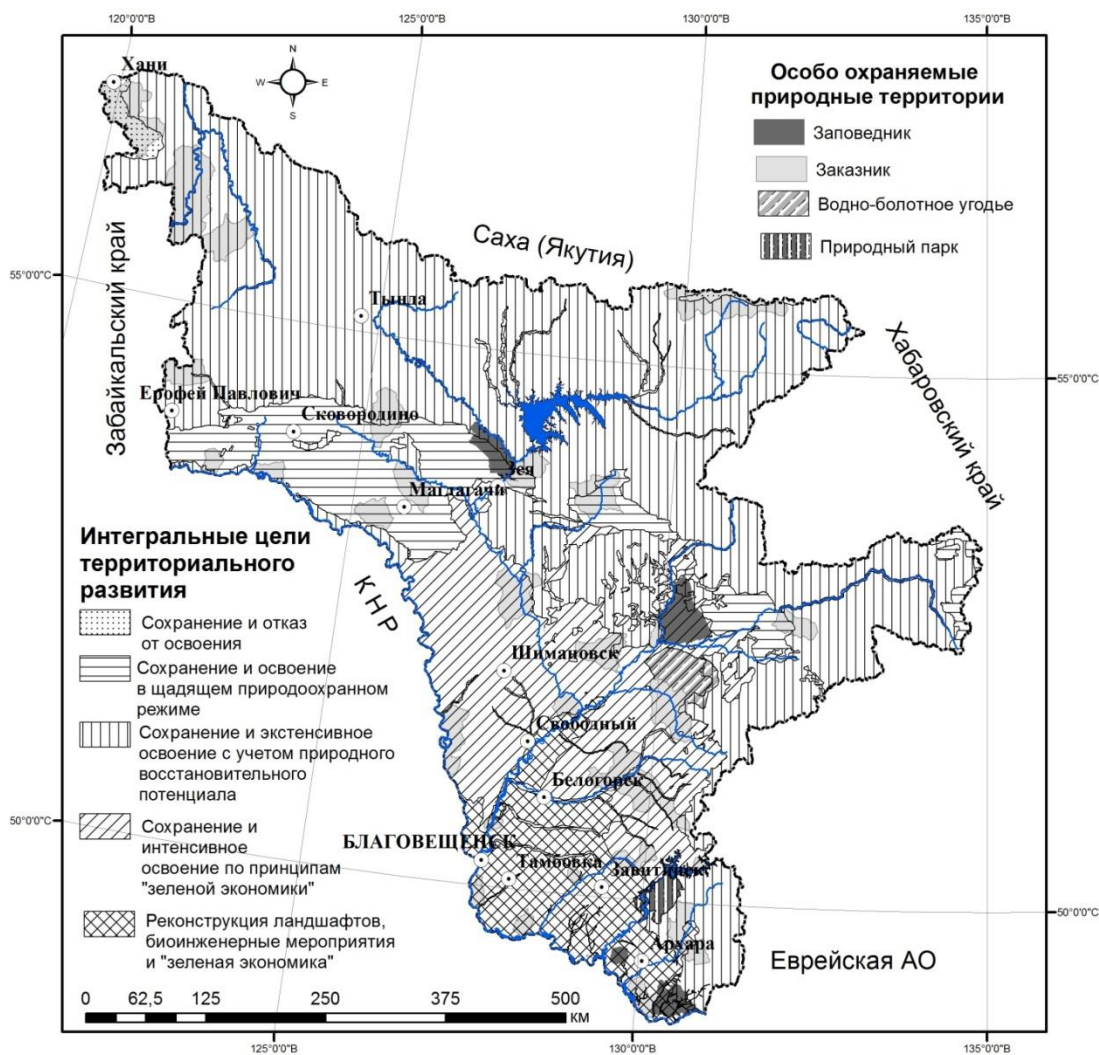


Рис. 1. Карта-схема концептуального территориального развития Амурской области с адаптивно-ландшафтными позициями.

Кроме того, территории ООПТ и ареалы целей, чаще всего, не совпадают, тогда целевые установки ориентируются на максимальное сохранение геосистем. Территории ООПТ (11,4 % от площади области) однозначно причисляются на баланс территорий с отказом от освоения или щадящего природоохранного режима.

Необходимость разработки интегральных целевых установок для новоосвоенческих процессов с учетом адаптивно-ландшафтной организации территории в стратегическом развитии официально не признана. Формирующиеся новые политические подходы имеют интегрированный характер и для обеспечения успехов этих подходов необходимо дать достаточные знания о природном потенциале территории и возможностях его освоения, прежде всего, управленческим структурам всех хозяйственных уровней.

Список литературы:

1. Золотокрылин А.Н. Климатическое опустынивание. - М.: Наука, 2003. - 246 с.

2. Кондратьев К.Я. Неопределенности данных наблюдений и численного моделирования климата // Всемирная конференция по изменению климата. Москва, 29.IX-3.X.2003. -М., 2004. - С. 196-215.
3. Горшков С.П. Учение о биосфере. Введение: Учебное пособие. - М.: географический факультет МГУ, 2007. - 118 с.
4. Kalnay E., Cai M., Li Hong, Tobin J. Estimation of the impact of land-surface forcings on temperature trends in eastern United States. J. of Geophysical Research, vol. 111, P.1-13.
5. Горшков С.П. Причины глобального потепления и усиления нестабильности климата. Возможности противодействия не по сценарию Киотского протокола // Рациональное природопользование: международные программы, российский и зарубежный опыт. - М.: Товарищество научных изданий КМК, 2010. - С. 82-103.
6. Лосев К.С. Экологические проблемы и перспективы устойчивого развития России в XXI веке. - М., Космосинформ, 2001. - 400 с.
7. Горшков В.Г. Физиологические и биологические основы устойчивости жизни. - М.: ВИНТИ ХХШ, 1995. - 472 с.
8. Борисова И.Г. Ландшафтное районирование Амурской области для оценки потенциальной устойчивости ПТК // Человеческое измерение в региональном развитии (28 сен.-2 окт. 1998 г. Биробиджан) Матер. и тез. докл. IV Межд. симпоз. - Биробиджан, 1998. - С.52-53.
9. Криволицкий А.Е. Амуро-Приморская страна // Физико-географическое районирование СССР (характеристика региональных единиц) / Под ред. Н.А.Гвоздецкого. - М.: Изд-во Моск. гос. ун-та, 1968. - С.503-541.
10. Михайлов Н.И. Горы южной Сибири // Физико-географическое районирование СССР (характеристика региональных единиц) / Под ред. Н.А.Гвоздецкого. - М.: Изд-во Моск. гос. ун-та, 1968. - С.444-445.
11. Рациональное природопользование и охрана природы в СССР / Под ред. Н.А. Гвоздецкого и Г.С.Самойловой. - М.: Изд-во МГУ, 1989. - 208 с.
12. Николаев В.А.Классификация и мелкомасштабное картографирование ландшафтов. - М.: МГУ, 1978. - 63 с.
13. Борисова И.Г. Ландшафтное разнообразие Амурской области // География и природные ресурсы, 2016. - № 2. - С. 125-116.

INTEGRATIVE GOALS OF TERRITORIAL DEVELOPMENT OF RESOURCE-ORIENTED REGIONS FROM ADAPTIVE LANDSCAPE POSITIONS

I.G. Borisova

*Amur Branch of the Botanical Garden Institute FEB RAS,
Blagoveshchensk, 675000, Russia, e-mail: borisovagis@mail.ru*

Abstract

At the expense of underdeveloped territories of Russia in the northern hemisphere on a global scale, national and global environmental security is ensured. In order to formulate the integral goals of territorial development of the Amurskaya Oblast from adaptive landscape positions, the general goal of territorial development from biosphere positions is defined - preservation of geo-ecosystems in a state of selfhealing and their invariants. To set local goals for medium-scale planning, categories of potential landscape sustainability, their degree of red-bone or typicality, and level of biological diversity are used. A map-scheme of the conceptual territorial development of the Amur Region with adaptive landscape positions has been developed.

НОВЫЙ КЛАСС АЗОМЕНИМИНОВЫХ ХЕМОСЕНСОРОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТОКСИЧНЫХ ФТОРИД-АНИОНОВ

В.А. Брень¹, А.Д. Дубоносов², О.С. Попова¹

¹ Научно-исследовательский институт физической и органической химии Южного федерального университета, Ростов-на-Дону, 344090, Российская Федерация, e-mail: bren@ipoc.sfedu.ru

² Федеральный исследовательский центр Южный научный центр РАН, Ростов-на-Дону, 344006, Российская Федерация

Азометинимины представляют собой соединения, отличительной особенностью строения которых является наличие полярного фрагмента $N^--N^+=C$ в составе молекул, что обеспечивает им роль ценных прекурсоров в комбинаторной химии гетероциклических систем [1, 2]. *N,N'*-Циклические азометинимины на основе пиразолидин-3-она способны к проявлению фотохромизма, ионохромных и сенсорных свойств [3]. С целью получения ион-активных переключателей спектральных свойств был осуществлен синтез новых гидроксиарил(гетарил)иден азометиниминов **1-6** (схема 1).

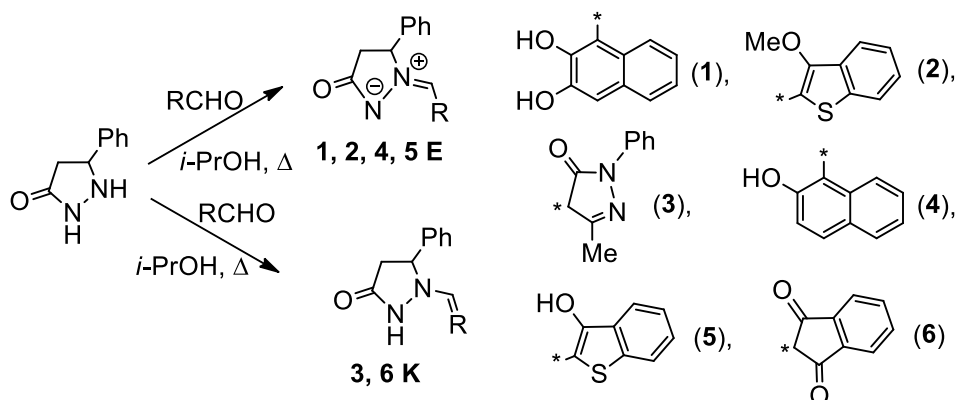


Схема 1. Синтез азометиниминов **1-6**.

По данным ЯМР ¹H, ¹³C и ¹⁵N спектроскопии и рентгеноструктурного анализа азометинимины **1, 2, 4, 5** существуют в енольной форме **E**, а соединения **3, 6** в виде кетоаминного изомера **K**. Полученные азометинимины в отличие от ранее изученных аналогов не проявляют фотохромных свойств. Однако их облучение УФ светом приводит к появлению флуоресценции с большим Стоксовым сдвигом в области 470-515 нм (квантовый выход ~ 0.01) вследствие ESIPT-эффекта (Excited-State Intramolecular Proton Transfer), вызванного быстрым внутримолекулярным O→N (N→O) переносом протона в синглетном возбужденном состоянии [4, 5].

Ионохромные свойства азометиниминов **1, 3-6** были исследованы в ацетонитриле при добавлении триэтиламина и солей тетрабутиламмония (ТВАХ: X = F, Cl, Br, I, CN, SCN, AcO, NO₃, HSO₄, H₂PO₄). Хорошо выраженный "naked-eye"-эффект с изменением цвета раствора с бесцветного на ярко-желтый наблюдался в присутствии анионов фтора для дигидроксинафталиден азометинимины **1** (рис. 1) и, в меньшей степени, для производного гидроксинафталина **4**.

Одновременно наблюдалось практически полное тушение ESIPT-флуоресценции.

Взаимодействие гидроксибензо[*b*]тиофенового азометинимины **5** с триэтиламинном или анионами фтора вызывает контрастный "naked-eye"-эффект с изменением

цвета раствора с желтого (в малых концентрациях – практически бесцветного) на красный. При координации с ионом F^- интенсивность ESIPT-флуоресценции при 515 нм уменьшается практически до нуля и появляется новая полоса эмиссии в районе 540 нм, принадлежащая окрашенному комплексу $5 \cdot F^-$ (рис. 2). Решающая роль в таких взаимодействиях принадлежит гидроксильной группе. Действительно, метоксибензо[*b*]тиофеновое соединение **2**, не имеющее подвижного протона, не флуоресцирует и не проявляет ионохромных свойств.

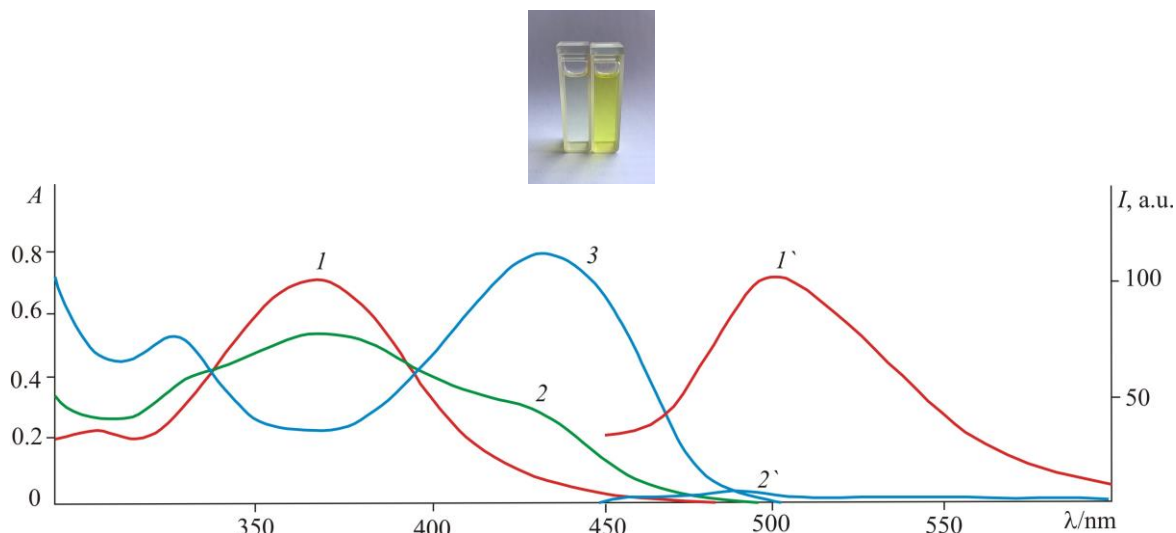


Рис. 1. Спектры поглощения и флуоресценции азометинимина **1** в CH_3CN ($C = 3.0 \cdot 10^{-5}$ М) до (*I*, *I'*) и после добавления Et_3N (*2*) и $n-Bu_4N^+F^-$ ($C = 6.0 \cdot 10^{-5}$ М) (*3*, *2'*).

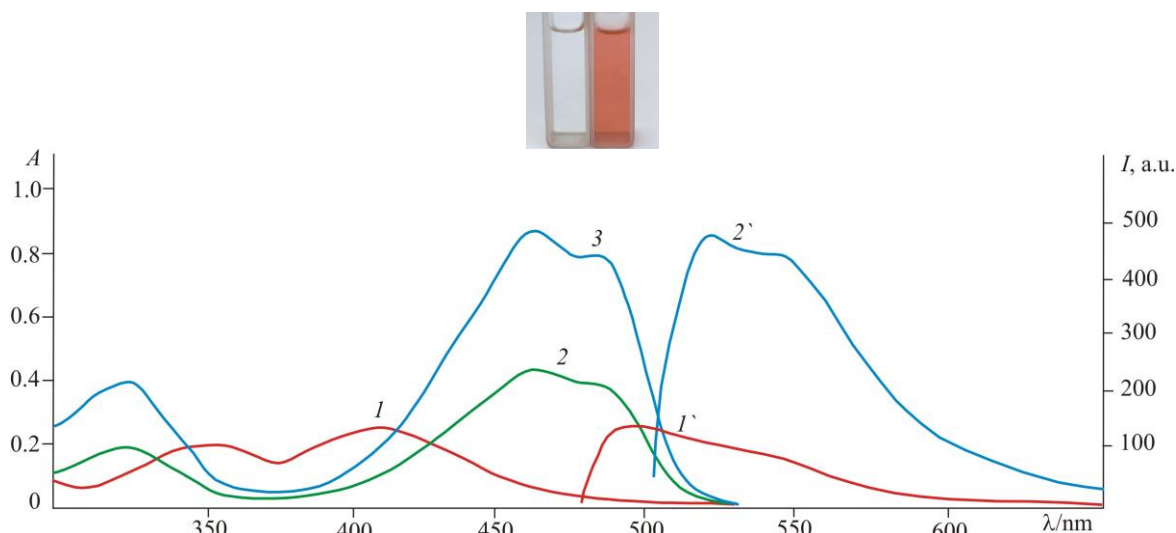


Рис. 2. Спектры поглощения и флуоресценции азометинимина **5** в CH_3CN ($C = 2.0 \cdot 10^{-5}$ М) до (*I*, *I'*) и после добавления Et_3N ($C = 2.0 \cdot 10^{-5}$ М) (*2*) и $n-Bu_4N^+F^-$ ($C = 5.0 \cdot 10^{-5}$ М) (*3*, *2'*).

Электронные спектры поглощения соединений **3** и **6**, существующие в виде кетоаминного изомера **K**, слабо реагируют на добавление оснований. Однако добавление $n-Bu_4N^+F^-$ к их растворам в ацетонитриле также приводит к появлению новых длинноволновых максимумов и широкой интенсивной полосы излучения. С учетом данных рентгеноструктурного анализа и квантово-химических расчетов методом DFT B3LYP/6-311++G(d,p) предложены два основных механизма детектирования фторид-анионов (схема 2).

Полученные соединения являются первыми представителями азометиниминовых сенсоров, способных к визуальному и флуоресцентному детектированию токсичных фторид-анионов.

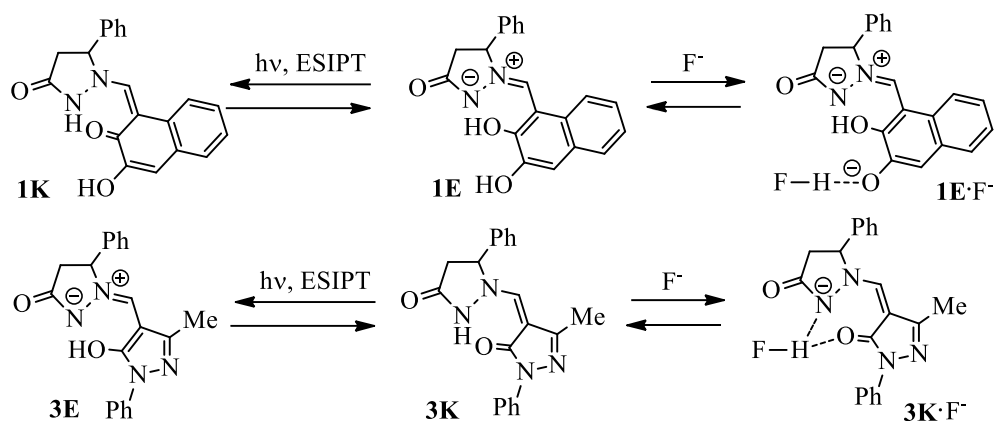


Схема 2. ES IPT-эффект и ионохромизм азометиниминов **1E** и **3K**.

Работа выполнена в рамках базовой части государственного задания РФ в сфере научной деятельности (№ 4.6497.2017/8.9 и № 4.5593.2017/6.7) и государственного задания ФИЦ ЮНЦ РАН № 01201354239.

Список литературы:

1. Nájera C. 1,3-Dipolar cycloadditions of azomethine imines / C. Nájera, J.M. Sansano, M. Yus // *Organic and Biomolecular Chemistry*. – 2015. – Vol. 13. – N 32. – P. 8596 – 8636.
2. Mei G.J. Brønsted acid-catalyzed stereoselective [4+3] cycloadditions of ortho-hydroxybenzyl alcohols with N,N'-cyclic azomethine imines / G.J. Mei, Z.Q. Zhu, J.J. Zhao, C.Y. Bian, J. Chen, R.W. Chen, F. Shi // *Chemical Communications*. – 2017. – Vol. 53. – N 18. – P. 2768 – 2771.
3. Bren V.A. Synthesis and Photo- and Ionochromic and Spectral-Luminescent Properties of 5-Phenylpyrazolidin-3-one Azomethine Imine / V.A. Bren, A.D. Dubonosov, O.S. Popova, Yu.V. Revinskii, K.S. Tikhomirova, V.I. Minkin // *International Journal of Photoenergy*. – 2018. – Vol. 2018. – DOI 10.1155/2018/9746534.
4. Kwon J.E. Advanced organic optoelectronic materials: harnessing excited-state intramolecular proton transfer (ES IPT) process / J.E. Kwon, S.Y. Park // *Advanced Materials*. – 2011. – Vol. 23. – N 32. – P. 3615 – 3642.

NOVEL TYPE OF AZOMETHINE IMINE CHEMOSENSORS FOR THE DETECTION OF TOXIC FLUORIDE ANIONS

V.A. Bren¹, A.D. Dubonosov², O.S. Popova¹

¹ *Institute of Physical and Organic Chemistry, Southern Federal University, Rostov on Don 344090, Russian Federation, e-mail: bren@ipoc.sfedu.ru*

² *Federal Research Centre "Southern Scientific Centre of Russian Academy of Sciences", Rostov on Don 344006, Russian Federation*

Abstract

A series of fluorescent ionochromic azomethine imines based on the 5-phenylpyrazolidin-3-one was synthesized and investigated. According to ¹H, ¹³C, ¹⁵N NMR spectroscopy and X-ray diffraction data compounds containing 2,3-dihydroxynaphthalene **1**, 2-hydroxynaphthalene **4** and 3-hydroxybenzo[*b*]thiophene **5** substituents exist in enol **E** form, and compounds with 3-methyl-5-phenylpyrazole-1-one **3** and indan-1,3-dione **6** substituents – as a keto **K** tautomers. Azomethine imines **1**, **3** and **5** represent ion-active "naked-eye" chromogenic chemosensors for the detection of toxic fluoride anions.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОБНАРУЖЕНИЯ АНОМАЛИЙ ЭКОСИСТЕМ АКВАТОРИИ г. СЕВАСТОПОЛЯ НА ОСНОВЕ КЛАСТЕРИЗАЦИИ ДАННЫХ

А.А. Брюховецкий, Д.В. Моисеев, А.В. Скатков

*ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,
г. Севастополь, 299053, Россия, e-mail: dmitriymoiseev@mail.ru*

Рассматриваются основные особенности, связанные с разработкой интеллектуальной технологии обнаружения аномалий экосистем акватории г. Севастополя. Предлагается подход, особенностью которого является обеспечение непрерывного мониторинга ключевых показателей окружающей среды, представленных в виде неоднородных потоков информации: гидрометеорологической информации, данных об уровне загрязнения и составе воздуха, почвы, экологического контроля, мониторинга предельно допустимых выбросов вредных веществ с целью обнаружения изменения состояния потока данных мониторинга. Предлагаемый метод обнаружения аномалий экосистем акватории базируется на основекластеризации данных. Рассматриваются типовые операции над кластерами и основные метрики, базирующиеся на информационной мере Кульбака.

С ростом городов, развитием производства техногенная трансформация среды приобретает глобальный характер. Настоящая работа посвящена исследованию процессов обнаружения аномалий экосистем акватории г. Севастополя на основе кластеризации данных. Экологический мониторинг и контроль – это комплекс мероприятий по выявлению и оценке источников и уровня загрязненности природных объектов вредными веществами в результате сбросов либо выбросов этих веществ в окружающую среду природопользователями, а также вследствие естественного образования и накопления в объектах окружающей среды, в том числе за счет химической и биохимической трансформации природных и техногенных веществ в соединения с вредными свойствами [1]. Отсутствие комплексных мониторинговых исследований фонового состояния морской среды на взморье Севастополя, в том числе за нефтяными и фенольными загрязнениями, контроль которого особенно необходим в акваториях, примыкающих к инфраструктуре грузопассажирского и военного флотов, не позволяет адекватно оценить состояние экосистем и перспективу развития экологических ситуаций [2]. Поэтому разработка методов мониторинга обнаружения аномалий экосистем акваторий г. Севастополя представляет собой актуальную задачу.

Обзор литературных источников. В настоящее время процесс оперативного выявления аномалий данных мониторинга окружающей среды и критических объектов инфраструктуры является комплексной, трудоемкой и трудно формализуемой задачей. Это связано с тем, что, как правило, каждый экземпляр отслеживаемых данных мониторинга имеет сложную многомерную структуру и может включать множество переменных и параметров [3]. Совместное использование средств оперативного мониторинга, имитационного моделирования и вероятностных моделей позволяет прогнозировать динамику изменения состояния экосистемы, предупреждать о возможных аномалиях и превентивно выполнять корректирующие действия, предотвращая тем самым возникновение аварийных ситуаций [4]. На сегодняшний день задачи системного мониторинга включают задачи контроля, управления и оперативно-прогнозирования изменений сложных систем. Применение информационных технологий, использующих высокопроизводительные распределенные высоконагруженные вычислительные системы, позволяет оперативно и экономически эффективно

но решать многие прикладные задачи мониторинга, анализа и прогнозирования процессов, протекающих в сложных критических и, в том числе, природных системах. Одним из используемых программных и методологических реализаций процессов пространственного и геопространственного моделирования структуры, взаимосвязей и динамики в гидро- и океанологии являются геоинформационные системы (ГИС) [5]. Использование модели распределенных или облачных вычислений с применением агентного подхода, используемого для обработки Больших Данных позволит совершить переход к качественно новым знаниям, оптимизировать процессы, происходящие в крупномасштабных научных исследованиях, и решить задачи анализа и репрезентативной визуализации срезов измерений в многомерных базах данных [6-8], производить анализ цикличности изменений эколого-геологических изменений, одновременно используя статистику более чем за 100 лет мониторинга окружающей среды.

С целью развития известных подходов к решению указанных задач предлагается новый научный подход, который в значительной степени позволяет преодолеть требования к реализации известных методов контроля состояния экосистем, в частности:

- больших объемов априорной информации для настройки параметров системы контроля;
- принятия решения о состоянии экосистемы в результате обработки большого объема текущих данных;
- трудно реализуемую стратегию обработки данных в реальном времени.

Описание метода. Предлагаемый подход базируется на кластеризации данных, который широко используется в задачах распознавания образов, интеллектуального анализа данных. Особенный интерес к методам анализа данных возник в связи с развитием средств сбора и хранения большого объема данных с многочисленных датчиков. В условиях появления новых технологий «Интернет вещей» и «BigData» перед специалистами из разных областей человеческой деятельности возникает задача обработки большого объема данных в реальном времени и с высоким уровнем достоверности [9 – 11].

В данной статье предлагается модель обнаружения аномалий на основе динамической кластеризации, в которой рассматриваются следующие ситуации, изменяющие структуру кластеров:

- образование новых кластеров;
- слияние кластеров;
- расщепление кластеров;
- исчезновение кластеров;
- дрейф центров кластеров.

Первые четыре типа структурных изменений представляют собой резкие (скачкообразные) изменения кластерной структуры. Во многих приложениях такие резкие изменения бывают связаны с недостатками поведения наблюдаемой системы, причем как можно более раннее выявление подобных изменений помогает избежать различных нежелательных последствий. Пятый тип структурных изменений носит непрерывный (и обычно незначительный) характер, который не всегда легко обнаружить, но который также имеет большое значение на практике.

Выявление динамических изменений и методы соответствующих коррекций кластерной структуры рассмотрим отдельно для каждого из перечисленных типов этих изменений.

1. Выявление новых кластеров. После проведения классификации новых объектов (при известной по предыдущему временному окну кластерной структуре) в момент времени необходимо определить, не привело ли появление новых объектов к

появлению новых кластеров. Представляется, что для объявления возникновения новых кластеров необходимо выполнение следующих условий:

- наличие новых объектов с малыми степенями принадлежности ко всем существующим кластерам ("свободных" объектов);
- достаточно большое количество таких объектов, существенно превышающее число существующих кластеров;
- компактность этих объектов: они должны образовывать компактную группу.

2. Выявление сливающихся кластеров. По аналогии с предыдущим, можно сформулировать три условия, выполнение которых позволяет объявить два кластера сливающимися:

- наличие объектов, имеющих высокие степени принадлежности одновременно для двух кластеров;
- достаточно большое число таких объектов;
- близость центров двух соответствующих кластеров.

3. Выявление расщепляющихся кластеров. По аналогии со слиянием кластеров, причиной их расщепления является отнесение к какому-либо из уже существующих кластеров большого числа новых объектов, которые могут привести к неоднородности его внутренней структуры. Более тонким критерием для такого расщепления является многоэкстремальность гистограмм признаков, построенных для объектов, относящихся к подобным кластерам.

4. Выявление исчезающих кластеров является достаточно простой операцией: кластер объявляется исчезнувшим, если к нему не был отнесен ни один объект из последнего временного окна.

5. Выявление дрейфа центров кластеров. С течением времени новые регистрируемые объекты могут вызывать медленные изменения положений центров кластеров.

Основные метрики кластеров (в качестве расстояния используется дивергенция Кульбака):

i ($i=1, K$) – число кластеров,

M_i – мощность i -ого кластера,

C_i – центр i -ого кластера,

D_{ij} – расстояние между центрами кластеров C_i и C_j ,

\overline{dip} – среднее расстояние между центром i -го кластера C_i и значением признака $x_p \in C_i$,

ρ_l – значения порогов для расстояния Кульбака, по которым различаются информационные состояния объектов, принадлежащих заданным кластерам.

Для оценки однородности двух случайных выборок мы используем понятие дивергенции Кульбака-Лейблера (J – эффекта). Расчет дивергенции Кульбака-Лейблера выполнялся в соответствии с формулой [12]:

$$J = \sum_{i=1}^k \left(\frac{f_i}{m_1} - \frac{q_i}{m_2} \right) \ln \frac{f_i m_2}{q_i m_1}, \quad (1)$$

где f_i, q_i – числа попадания в i -й интервал примеров сравниваемых выборок,

m_1, m_2 – численность обеих выборок.

С учетом изложенного, общий алгоритм может быть описан следующим образом:

1) организуется мониторинг за совокупностью исследуемых объектов путем фиксации признаков этих объектов во временных окнах; объекты, зафиксированные в первом временном окне кластеризуются с использованием J -метрики. При этом начальное число кластеров подбирается итеративно или задается из каких-либо априорных соображений;

2) во втором и последующих временных окнах осуществляется проверка динамических изменений кластерной структуры (выявление новых кластеров, сливающихся, расщепляющихся, исчезающих кластеров, а также дрейфа центров существующих кластеров);

3) при необходимости проводится коррекция структуры кластеров в соответствии с выявленными изменениями;

4) после выявления изменений и соответствующей коррекции состояния текущей кластерной структуры может выполняться прогнозирование состояния экосистемы.

Заключение. Разработка интеллектуальной технологии обнаружения аномалий экосистем акватории г. Севастополя, базирующейся на применении новых подходов и методов, приведет к повышению обоснованности, достоверности и оперативности процессов поддержки принятия решений по оцениванию вероятности принятия гипотез о наличии аномальных значений с учетом ошибок первого и второго рода.

Адаптивные методы принятия решений в условиях неопределенности позволят устранить недостатки и ограничения свойственные классическим подходам в случае зашумленных данных и неполной информации. На основе технологии больших данных и специального моделирующего стенда повышается качество оценивания принимаемых решений.

Практическая значимость результатов работы приведёт к снижению уровня негативного воздействия природных и антропогенных факторов на состояние экосистем акватории г. Севастополя, к уменьшению отрицательного техногенного воздействия на окружающую среду, а также окажет положительное влияние на здоровье и условия жизни населения.

Работа выполнена при частичной поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 18-47-920007/19).

Список литературы:

1. Современное состояние загрязнения вод Черного моря / Под ред. А.И. Симонова, А.И. Рябинина // Гидрометеорология и гидрохимия морей. т.IV. Черное море. вып.3.– Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 1996. – 230 с.
2. Овсяный Е.И., Романов А.С, Миньковская Р.Я., Красновид И.И., Озюменко Б.А., Цымбал И.М. Основные источники загрязнения морской среды Севастопольского региона // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2001.– С. 138-152.
3. Брюховецкий А.А., Скатков А.В., Шишкин Ю.Е. Моделирование процессов обнаружения аномалий в сложноструктурированных данных мониторинга // Системы контроля окружающей среды. 2017. № 9 (29). С. 45–49.
4. Новикова А.М., Аверьянова Е.А. Применение ГИС-технологий для решения комплексных задач пространственного моделирования в океанологии и экологии // Экологические проблемы Азово-Черноморского региона и комплексное управление биологическими ресурсами: материалы науч.-практ. молод. конф. Севастополь, 2016. С. 200–203.
5. Бондур В.Г. Аэрокосмический мониторинг объектов нефтегазового комплекса. М.: Научный мир, 2012. 558 с.
6. Scheduling in distributed systems: A cloud computing perspective / L.F. Bittencourt, A. Goldman, R.M. Madeira [et al.] Computer Science Review. 2018. Vol. 30. P. 31–54.
7. Monsalve S.A., Carballeira F.G., Calderon A. A heterogeneous mobile cloud computing model for hybrid clouds // Future Generation Computer Systems. 2018. Vol. 87. P. 651–666.

8. Вагин В.Н., Головина Е.Ю., Загорянская А.А., Фомина М.В. Достоверный и правдоподобный вывод в интеллектуальных системах. – М.: Физматлит, 2008. 712 с.
9. Барсегян А.А., Холод И.И., Тесс М.Д. и др. Анализ данных и процессов. – СПб: БХВ-Петербург, 2009. 512 с.
10. Добыча данных в сверхбольших базах данных / В. Ганти, Й. Герке, Р. Рамакришнан // Открытые системы, №9-10, 1999.
11. Гимаров В.А., Дли М.И., Круглов В.В. Временная изменчивость образов // Вестник МЭИ. 2003. № 2. С. 91-95.
12. Кульбак С. Теория информации и статистика. – М.: Наука, 1967. – 408 с.

**INTELLECTUAL TECHNOLOGY OF DETECTION OF ANOMALIES
IN THE AQUATORIA ECOSYSTEMS OF THE SEVASTOPOL
ON THE BASIS OF DATA CLUSTERING**

A.A. Bryukhovetskiy, D.V. Moiseev, A.V. Skatkov
Sevastopol State University Sevastopol, 299053, Russia
e-mail: dmitriymoiseev@mail.ru

Abstract

The main features related to the development of intelligent technology for the detection of anomalies in the ecosystems of the Sevastopol water area are considered. An intelligent technology approach is proposed, the feature of which is the continuous monitoring provision of key environmental indicators presented in the form of heterogeneous information flows. Monitoring of such information flows as hydrometeorological information, data on pollution levels and composition of air, soil, environmental monitoring, monitoring of maximum permissible emissions of harmful substances in order to detect changes in the state of the flow of monitoring data. This work is devoted to the study of methods for monitoring the detection of anomalies of the ecosystems of the water area of the city of Sevastopol based on data clustering criteria we consider typical operations on clusters and main metrics based on the Kullback information measure.

УДК 636.4.084

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО ПРОВЕРЕННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ ДЕКОНТАМИНАЦИИ КОРМОВЫХ СМЕСЕЙ ДЛЯ ПТИЦ И ИХ ИНГРЕДИЕНТОВ

А.А. Брязгин^{2,3}, Ю.В. Итэсь¹, М.В. Коробейников¹⁻³, С.В. Леонов¹,
М.А. Леонова¹, Ю.Г. Юшков¹

¹Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук, п. Краснообск, Новосибирская область 633501, Россия

²Институт ядерной физики имени Г.И. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск 630090, Россия, e-mail: M.V.Korobeynikov@inp.nsk.su

³Новосибирский государственный университет, Новосибирск 630090, Россия

Проведённые в Сибирском федеральном научном центре агробиотехнологий РАН исследования показали, что основным путём заноса инфекции является инфицированный корм и продукты животного происхождения. Основная и самая результативная мера противодействия распространению инфекции – обеззараживание кормов.

В результате исследований определены оптимальные режимы электронно-лучевой обработки, позволяющие проводить обеззараживание корма от микроорганизмов разной степени устойчивости.

В процессе исследований было проверено, что электронно-лучевое обеззараживание не приводит к потере питательной ценности ингредиентов и образованию токсичных соединений.

Введение. Электронно-лучевая обработка применяется для стерилизации медицинских изделий с конца 50-х годов XX века [1]. Согласно [2], коммерческая стерилизация пищевых продуктов началась в 1957 году – тогда в Штутгарте производитель специй решил повысить качество своих продуктов электронно-лучевой обработкой на ускорителе Ван де Граафа с энергией 2 МэВ. В Канаде электронно-лучевая обработка картофеля для предотвращения прорастания был одобрена в 1960 году [2].

Важным этапом была проведённая в декабре 1988 года в Женеве Конференция по применению, регулированию и торговле облученными пищевыми продуктами (International Conference on the Acceptance, Control of, and Trade in Irradiated Food). Эта Конференция была организована подразделениями ООН – ФАО (Продовольственная и сельскохозяйственная организация), ВОЗ, МАГАТЭ и Международным торговым центром – организацией подмандатной ООН и ВТО. На ней был принят Международный документ по облучению пищи [2].

Советский Союз был одним из лидеров в области радиационной обработки пищевых продуктов. В последние годы в России подготовлена основа для возобновления практических работ в этой области и внедрения их в практику [3-5].

Постановка задачи и экспериментальная часть. Проведённые в Сибирском федеральном научном центре агробиотехнологий РАН исследования показали, что основным путём заноса инфекции является инфицированный корм и продукты животного происхождения. Таким образом инфекции передаются людям. Основная и самая результативная мера противодействия распространению инфекции – обеззараживание кормов. Электронно-лучевая обработка позволяет делать это быстро в промышленных масштабах.

Существенная часть России относится к категории северных и приравненных к ним территорий. Эти территории снабжаются на весь год летом посредством север-

ного завоза. Для обеспечения проживающих там людей свежей мясной продукцией используются птицекомбинаты, корма для которых завозятся северным завозом.

Вторая цель работы – снизить потери комбикормов при перевозке во время северного завоза и последующем хранении, а также продлить сроки хранения.

Электронно-лучевая обработка на протяжении десятилетий широко применяется для обработки пищевых продуктов. Институт ядерной физики имени Г.И. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук является одной из немногих организаций в мире, которые поставляют мощные ускорители во многие страны мира [1]. В Институте накоплен большой опыт в производстве мощных ускорителей и разработке радиационных технологий. Выпускаемые им ускорители типа ИЛУ [6, 7] используются для стерилизации медицинских изделий, деконтаминации растительного сырья и производства лекарственных средств.

Компоненты комбикормов могут иметь различные уровни обсеменённости. По опыту Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий, уровень обсеменённости выше допустимых норм чаще всего наблюдается у дальневосточной сои. Если уровень обсеменённости какого-либо ингредиента комбикорма превышает допустимый уровень, экономически эффективнее обработать этот ингредиент, а не готовый комбикорм.

Обработка комбикормов и их ингредиентов была проведена на ускорителе ИЛУ-6 в Институте ядерной физики, подготовленные для обработки образцы показаны на рис. 1. Режим обработки:

Энергия – 2,45 МэВ

Ток пучка импульсный – 320 мА

Частота повторения импульсов – 5 Гц

Ток пучка средний – 1,1 мА

Ширина развёртки пучка – широкая, 90 см

Скорость транспортировки – 2 см/с.



Рис. 1. Образцы комбикормов и их ингредиентов под выпускным окном ускорителя ИЛУ-6

Диапазон доз был выбран от 2 до 12 кГр. Для экспериментов использовались образцы комбикормов с уровнями обсеменённости по колиформам $1,5 \cdot 10^6$ кое/г, по споровым формам $1,2 \cdot 10^6$ кое/г и общей обсеменённостью $3,0 \cdot 10^6$.

На рис. 2 приведены значения обсеменённости образцов комбикормов после обработки различными дозами – общая обсеменённость, колиформы и споровые формы.

Исследования обсеменённости образцов после обработки были проведены в Сибирском федеральном научном центре агробиотехнологий Российской академии наук согласно российским нормам для микробиологических исследования пищевых продуктов (ГОСТ 51426-99, ИСО 7251-2005, ИСО 7218-2008, ИСО 11133-1-2008).

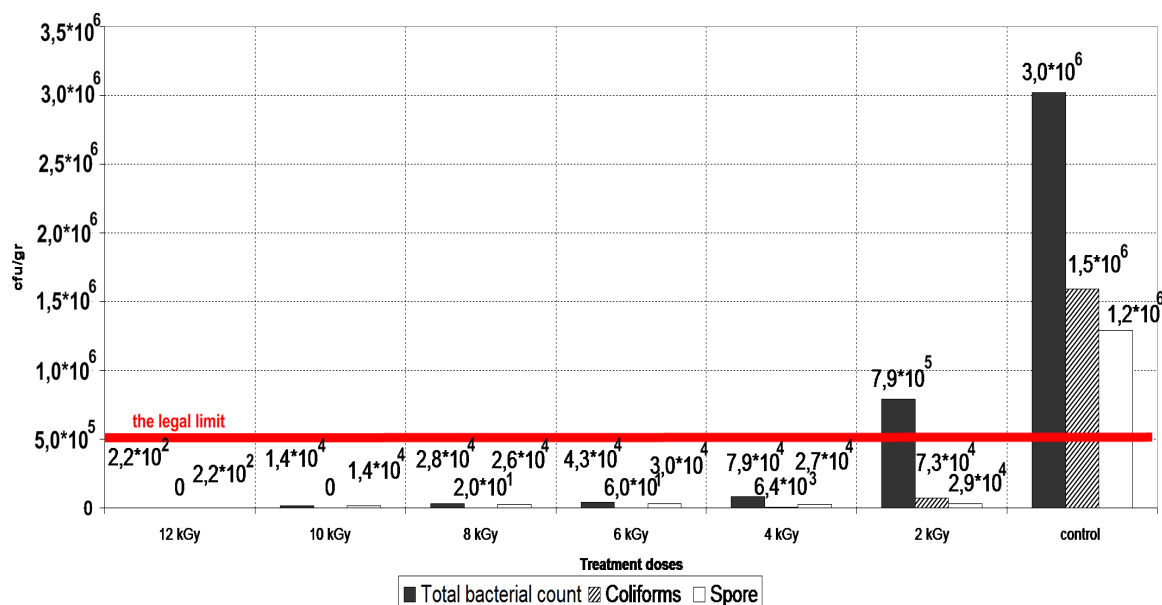


Рис. 2. Обсеменённость комбикормов после обработки различными дозами – общая обсеменённость, колиформы и споровые формы.

Образцы комбикормов и их ингредиентов обрабатывались внутри герметично закрытых пакетиков. Эти пакетики помещались на подвижный стол и транспортировались под электронным пучком, который выводился в атмосферу и сканировался поперёк направления движения стола.

Результаты исследований. В процессе исследований было проверено, что электронно-лучевое обеззараживание не приводит к потере питательной ценности ингредиентов и образованию токсичных соединений.

Общий уровень микробной нагрузки образцов комбикормов и их ингредиентов снижался до приемлемого уровня после электронно-лучевой обработки дозой 4 кГр и выше. Колиформы не были обнаружены при дозах свыше 12 кГр. Споровые формы микробов выживали при дозах свыше 12 кГр.

Электронно-лучевая обработка снижает потери комбикормов при хранении и продлевает сроки сохранности. Этот метод может потенциально использоваться для обработки партий комбикормов с уровнем обсеменения, превышающим допустимые значения.

Технология электронно-лучевого обеззараживания кормов позволит:

1. Проводить профилактическое обеззараживание кормов и кормовых ингредиентов.
2. Увеличить сроки хранения кормовых ингредиентов и снизить потери при хранении.
3. Проводить вынужденное обеззараживание для восстановления санитарного качества кормов и кормовых ингредиентов против избранных групп микроорганизмов.
4. Получать продукцию птицеводства и животноводства высокого санитарного качества.
5. Предотвратить вспышки болезней животных и птицы на территории субъектов федерации и предотвратить экономический ущерб, наносимый ограничениями и карантинированием.
6. Предотвратить вынужденное массовое использование антибиотиков для подавления развития и распространения массовых болезней животных и птицы.
7. Повысить уровень безопасности населения.

Список литературы:

1. Industrial radiation Processing With Electron Beams and X-rays, 2011. International Atomic energy Agency technical document, <http://www.cirms.org/pdf/Industrial%20Radiation%20Processing%20-%20May%202011%20-%20Revision%206.pdf>
2. The History of Food Irradiation http://www.nordion.com/wp-content/uploads/2014/10/GT_History-of-Food-Irradiation.pdf
3. Козьмин Г.В. Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности / Козьмин Г.В., Санжарова Н.И., Павлов А.Н., Спирин Е.В., Ткаченко В.В., Гераськин С.А., Исамов Н.Н. Зякун А.М., Кобялко В.О., Лыков И.Н., Баскунов Б.П., Лауринавичус К.С., Саруханов В.Я., Захарченко В.Н., Пименов Е.П., Лой Н.Н., Кузнецов В.К., Тихонов В.Н., Воробьев В.В., Цыгвинцев П.Н., Гончарова Л.И., Пяткова С.В., Коржавый А.П. // Под общ. ред. Г.В. Козьмина, С.А. Гераськина и Н.И. Санжаровой. Обнинск: ВНИИРАЭ, 2015. 400 с.
4. Козьмин Г.В. Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности / Козьмин Г.В., Санжарова Н.И., Кибина И.И., Павлов А.Н., Тихонов В.Н. // <https://cyberleninka.ru/article/n/radiatsionnye-tehnologii-v-selskom-hozyaystve-i-pischevoy-promyshlennosti>.
5. Алексахин Р.М. Перспективы использования радиационных технологий в агропромышленном комплексе Российской Федерации / Р.М. Алексахин, Н.И. Санжарова, Г.В. Козьмин, С.А. Гераськин, А.Н. Павлов // Вестник РАЕН, Российская академия естественных наук (Москва) Том: 14 Номер: 1 Год: 2014, С. 78-85.
6. Безуглов В.В. Радиационные технологии и оборудование / Безуглов В.В., Брызгин А.А., Власов А.Ю., Воронин Л.А., Коробейников М.В., Максимов С.А., Нехаев В.Е., Радченко В.М., Сидоров А.В., Ткаченко В.О., Факторович Б.Л. // Вопросы атомной науки и техники. Серия: техническая физика и автоматизация. Выпуск 83. АО «НИИТФА» Москва 2018, С. 4-21.
7. Куксанов Н.К. Ускорители электронов для промышленного применения, разработанные в ИЯФ им. Г.И. Будкера СО РАН / Куксанов Н.К., Салимов Р.А. Брызгин А. А. // Успехи физических наук. - 2018. - Т. 188, № 6. - С. 672-685. - Библиогр.: 51 назв.. - DOI 10.3367/UFNr.2018.03.038344.

POSSIBILITIES OF MIXED FEED ELECTRON BEAM DECONTAMINATION

**A.A. Bryazgin^{2,3}, Yu.V. Ites¹, M.V. Korobeynikov¹⁻³, S.V. Leonov¹,
M.A. Leonova¹, Yu.G. Yushkov¹**

¹*Siberian Federal Research Center for Agrobiotechnologies, Russian Academy of Science, Krasnoobsk community, Novosibirsk region 633501, Russia*

²*Budker Institute of Nuclear Physics, Siberian Branch of Russian Academy of Science, Novosibirsk 630090, Russia, e-mail: M.V.Korobeynikov@inp.nsk.su*

³*Novosibirsk State University, Novosibirsk 630090, Russia*

Abstract

Russia has the vast areas with cold severe climate. The goods are delivered to the people living and working in these Northern Territories only during summer. The poultry factories are also supplied with mixed feed only in summer time, and the decontamination of the mixed feed will decrease the feed losses during the year.

The aim of the work was to determine the minimal dose allowing to prevent the mixed feed from spoiling during the transportation to the Northern Territories and following storage during up to the year – till the next year navigation.

Food products are treated by electron beam to prevent spoiling and prolong the storage time. Pathogens in food or on medical products exposed to sufficient ionizing radiation are then died and bio-burdens eliminated. We extend this experience on mixed feed and its ingredients.

The mixed feed and its ingredients samples were subjected to electron beam treatment by ILU-6 pulse electron accelerator. Treatment doses in our experiments varied from 2 to 12 kGy.

Electron beam treatment parameters were as follows:

Electron energy – 2.4 MeV

Beam penetration ability – 0.8 g/cm²

Pulse beam current – 320 mA

Pulse duration – 0,5 ms

Pulse repetition rate – 5 Hz

Scanning width – 90 cm

Underbeam transportation velocity – 2 cm/s

In experiments we use the feed contaminated by coliform ($1.5 \cdot 10^6$ CFU/g), spore forms ($1.2 \cdot 10^6$ CFU/g) with total bacterial count of $3.0 \cdot 10^6$. Microbial contamination studies of feed samples was carried out according with state regulations of Russia (GOST 51426-99, ISO 7251-2005, ISO 7218-2008, ISO 11133-1-2008).

The mixed feed samples were placed into the hermetically sealed packs. The packs with the mixed feed were placed on the moving table and were transported under the electron beam scanning across the table. Total microbial burden in mixed feed and its ingredients samples was reduced to an acceptable level after electron beam treatment with doses of 4 kGy and higher.

Coliforms were not fixed after EB treatment with the dose of 12 kGy.

The spore forms of microorganisms survive after dose of 12 kGy.

The EB treatment can decrease the mixed feed losses and prolong the storage time. This method can be potentially applicable for treatment of mixed food lots with contamination level exceeding the admissible values.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕДЕЛОВ РАДИАЦИОННОЙ СТОЙКОСТИ ОТВЕРЖДЁННЫХ СМОЛ И КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

А.А. Брызгин^{1,4}, М.В. Коробейников^{1,4}, М.А. Михайленко^{1,2}, Ю.А. Пупков¹,
И.А. Вихров³, А.Т. Здвижков³

¹Институт ядерной физики имени Г.И. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск 630090, Россия, e-mail: M.V.Korobeynikov@inp.nsk.su

²Институт химии твёрдого тела и механохимии Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск 630128, Россия

³Научно-исследовательский институт космических и авиационных материалов, Ярославская область, г. Переславль-Залесский 152025, Россия

⁴Новосибирский государственный университет, Новосибирск 630090, Россия

Выполнено исследование радиационной стойкости 4-х видов образцов – отверждённых эпоксидной и цианатэфирной смол и композитных материалов на основе цианатэфирной смолы. Обработка проводилась интенсивным пучком ускоренных электронов в диапазоне доз до 500 МГр. После обработки производилось измерение механических свойств образцов. Показано, что углепластик с цианатэфирным связующим производства НИИКАМ сохраняет свои механические свойства вплоть до дозы 500 МГр.

Введение. Материалы для космических летательных аппаратов должны удовлетворять жестким техническим требованиям обусловленным наличием экстремальных условий эксплуатации - перегрузки при старте, высокий вакуум, радиационная нагрузка, широкий диапазон температур и ее резкие перепады.

На сегодняшний день рекордсменом среди композитных материалов по удельной прочности и жесткости являются углепластики. Цианатэфирные связующие обладают лучшими, чем у эпоксидных смол, параметрами жесткости и трещиностойкости.

НИИ космических и авиационных материалов (НИИКАМ) разрабатывает и производит материалы и оборудование для космических аппаратов. Разработан и налажен выпуск собственного олигоциануратного связующего для композитных материалов космического назначения.

Долговечность работы космических летательных аппаратов на орбите в значительной степени определяется радиационной стойкостью материалов и оборудования. поэтому нужно было определить максимальную дозу радиации, при которой цианатэфирное связующее и композитные материалы на его основе будут сохранять свои свойства.

Композитные материалы также применяются в качестве изоляционных материалов. Эпоксидные компаунды и смолы используются для изоляции обмоток магнитов и трансформаторов, работающих в условиях повышенных радиационных нагрузок – в ускорительных комплексах и активных зонах ядерных энергетических установок.

Институт ядерной физики имени Г.И. Будкера СО РАН (ИЯФ) является одним из ведущих мировых разработчиков и изготовителей ускорителей заряженных частиц и оборудования для них. Отклоняющие и фокусирующие магниты для ускорительных центров являются сложными точными изделиями, работающими в условиях повышенного радиационного фона. Они должны надёжно работать на протяжении десятилетий. Часть магнитов работают в импульсном режиме, их рабочие напряжения до нескольких киловольт, а импульсные токи достигают килоамперных значений.

Литературные данные [1-7] показывают широкий разброс радиационной стойкости материалов, но это вполне объяснимо, поскольку условия изготовления материалов и проведения испытаний могут сильно отличаться.

ИЯФ как производитель магнитных систем ускорителей заинтересован в объективных данных о радиационной стойкости композитных материалов, компаундов и смол. Поэтому в нём периодически проводятся исследования радиационной стойкости материалов [8].

Постановка задачи и выбор условий облучения. Цель работы – определить максимальную поглощённую дозу, при которой материалы сохраняют свои механические свойства.

Ожидаемая максимальная требуемая доза была определена как 500 МГр. Требовалось обеспечить возможно более высокую скорость набора дозы при отсутствии перегрева образцов.

Ускоритель электронов ИЛУ-6 с диапазоном энергии 1,6-2,5 МэВ и мощностью пучка до 10 кВт на протяжении десятилетий используется для различных работ, в том числе для разработки новых радиационных процессов и технологий. Ранее с использованием этой установки уже проводились исследования радиационной стойкости эпоксидных компаундов [8]. Также проводятся эксперименты по радиационно-термической обработке [9] для чего установка имеет оборудование, позволяющее регистрировать температуру в зоне облучения.

Размеры образцов были выбраны 10*50*2 мм для измерения механической прочности образцов трёхточечным методом (ГОСТ 25.604-82 Расчеты и испытания на прочность. Методы механических испытаний композиционных материалов с полимерной матрицей (композитов). Метод испытания на изгиб при нормальной, повышенной и пониженной температурах).

Для достоверности на каждую дозу брались по 5 образцов каждого типа, итого 20 образцов. Материалы образцов:

1. Отверждённая эпоксидная смола ARALDITE MY 740, отвердитель ARADUR HY 906 и пластификатор FLEXBILISER DY 040 (ARALDITE)
2. Отвержденная олигоциануратная смола (ОЦС)
3. Стеклопластик на основе стеклоткани Т-10 (Стеклопласт)
4. Углепластик на основе углеродной ленты ЛУП-0,1 (Углепласт)

Модули упругости и пределы прочности при статическом изгибе исходных образцов приведены в Таблице 1.

Таблица 1

Модули упругости и пределы прочности при статическом изгибе образцов

	Смола ARALDITE	Олигоциануратная смола ОЦС	Стеклопластик (Стеклопласт)	Углепластик (Углепласт)
E_0 , GPa	2,1	2,55	8,4	13,4
σ_0 , Мра	84	98	755	921

Для обеспечения максимально возможной скорости набора дозы образцы были размещены на водоохлаждаемом медном коллекторе под выпускным окном ускорителя как это показано на рис. 1. Образцы прижимались к коллектору титановой фольгой толщиной 0.1 мм, спай измерительной термопары был размещён сверху образца под прижимающей фольгой, чтобы измерять максимальную поверхностную температуру. Использовались стандартные хромель-алюмелевые термопары, температура контролировалась непрерывно в процессе работы и записывалась в память управляющей программы ускорителя.



Рис. 1. Образцы на водоохлаждаемом коллекторе и коллектор с образцами под выпускным окном ускорителя ИЛУ-6

После нескольких прогонов различных образцов для облучения был выбран режим обработки:

Энергия – 2,45 МэВ

Ток пучка импульсный – 200 мА

Частота повторения импульсов – 5 Гц

Ток пучка средний – 0,66 мА

Ширина развёртки пучка – узкая, 50 см

Скорость набора дозы – 1,5625 кГр/с

Температура на верхней плоскости образцов – от 35 до 53°C.

На рис. 2 и 3 представлены усреднённые зависимости от дозы относительных изменений модулей упругости E/E_0 и пределов прочности при статическом изгибе σ/σ_0 для облученных образцов по отношению к исходным. Величина погрешностей ~10%.

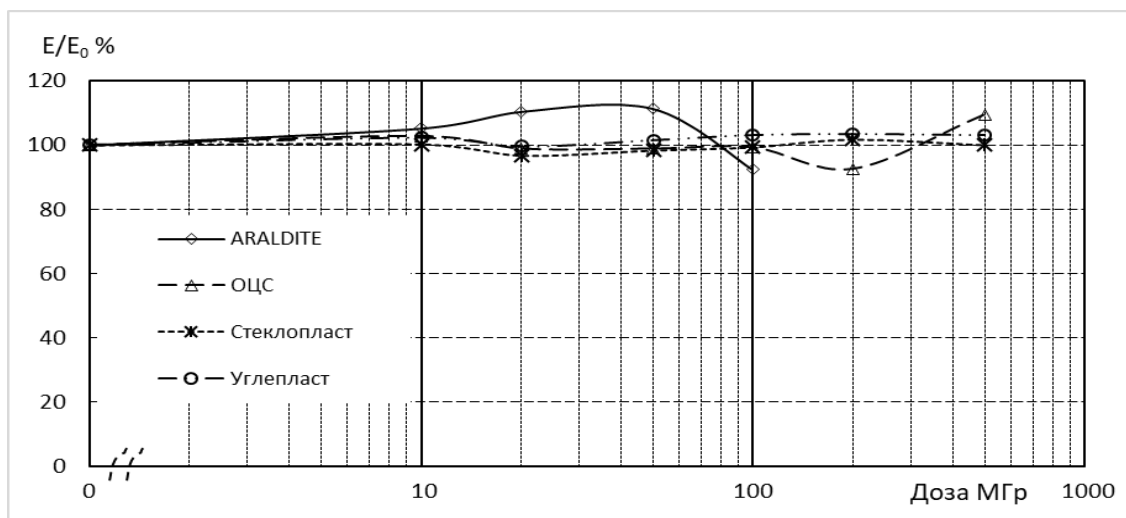


Рис. 2. Зависимость относительного модуля упругости E/E_0 от дозы

Результаты исследований. Эпоксидная смола ARALDITE при дозе более 50 МГр теряет эластичные свойства, становится хрупкой, легко разрушаемой, но упругие свойства (модуль E) при малых деформациях сохраняются. Это соответствует литературным данным [5].

Связующее и композиты на основе олигоциануратной смолы до 100 МГр свойства не меняют. При дозе более 200 МГр связующее начинает терять эластичные свойства, при дозе 500 МГр становится хрупким, легко разрушаемым.

Стеклопластик при 500 МГр теряет ~30% прочности, причем наблюдается раслаивание образцов при изломе, которое отсутствовало при меньших дозах.

Углепластик не менял свойства до 500 МГр, что объясняется, вероятно, большей прочностью и ориентацией волокон вдоль образца.

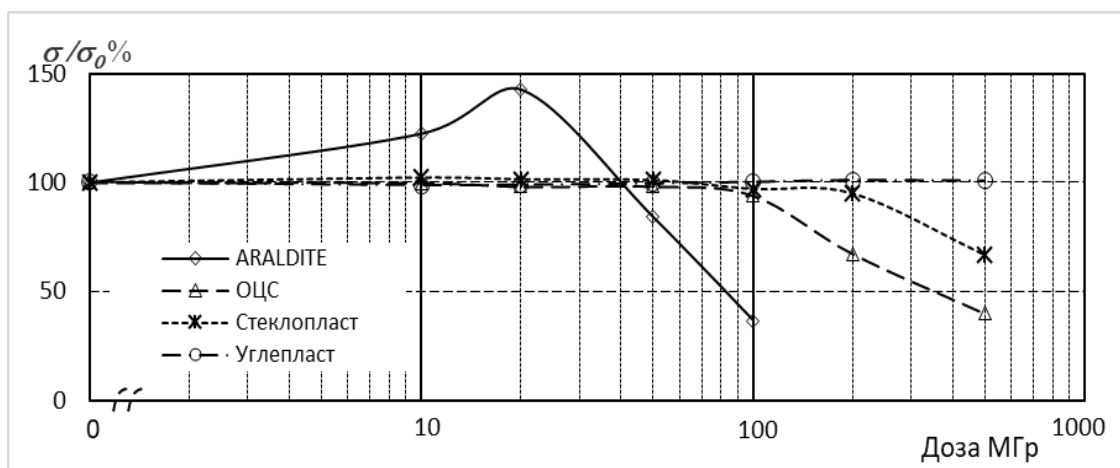


Рис. 3. Зависимость относительного предела прочности σ/σ_0 от дозы

Список литературы:

1. Бовей Ф. Действие ионизирующих излучений на природные и синтетические полимеры / Пер. с англ. М.: ИИЛ, 1959. 295 с
2. Чарлзби А. Ядерные излучения и полимеры / Пер. с англ. М.: ИИЛ, 1962. 522 с.
3. Действие радиации на органические материалы. Сост. Р. Болт и Дж. Кэррол / Пер. с англ. под ред. В.Л. Карпова. М.: Атомиздат, 1965. 409 с.
4. Князев В.К. Эпоксидные конструкционные материалы в машиностроении. М.: Машиностроение, 1977. 184 с.
5. Радиационная стойкость материалов. Справочник. Под общей редакцией В.Б.Дубровского. М.: Атомиздат, 1973. 264 с.
6. Nishimura A. Radiation effect on interlinear shear strength of the electric insulation system with cyanate ester and epoxy blended resin / A. Nishimura, Y. Izumi, M. Imazumi and S. Nisijima // AIP Conf. Proc. 1435, 99 (2012); doi: 10.1063/1.4712085
7. Visakh P.M. Effect of electron beam irradiation on thermal and mechanical properties of aluminum based epoxy composites / P.M. Visakh, O.B. Nazarenko, C. Sarath Chandran, T.V. Melnikova, S.Yu. Nazarenko, J.-C. Kim. // Radiation Physics and Chemistry 136 (2017) 17–22.
8. Петров В.В. Радиационная стойкость изоляционных материалов магнитных систем ускорителей / В.В. Петров, Ю.А. Пупков // ЖТФ, 2016. – №7, С. 65. <http://journals.ioffe.ru/articles/43317>
9. Sadykov V.A. Advanced Nanomaterials for Catalysis and Energy: Synthesis, Characterization and Applications / Edited by: Vladislav A. Sadykov. - Elsevier Science Publishing Co Inc., 2018. – 587 p. – (Advanced Nanomaterials). Chapter 12 - Advanced Materials for Solid Oxide Fuel Cells and Membrane Catalytic Reactors, Vladislav A. Sadykov, Natalia V. Mezentseva, Lyudmila N. Bobrova, Oleg L. Smorygo, Nikita F. Eremeev, Yulia E. Fedorova, Yulia N. Bespalko, Pavel I. Skriabin, Alexey V. Krasnov, Anton I. Lukashovich, Tamara A. Krieger, Ekaterina M. Sadovskaya, Vladimir D. Belyaev, Alexander N. Shmakov, Zakhar S. Vinokurov, Vladimir A. Bolotov, Yuri Yu. Tanashev, Mikhail V. Korobeynikov, Mikhail A. Mikhailenko. – DOI: <https://doi.org/10.1016/C2017-0-02137-7>.

**STUDY OF RADIATION RESISTANCE LIMITS IN HARDENED RESINS
AND COMPOSITE MATERIALS**

**A.A. Bryazgin^{1,4}, M.V. Korobeynikov^{1,4}, M.A. Mihailenko^{1,2}, Yu.A. Pupkov¹,
I.A. Vihrov³, A.T. Zdvizhkov³**

¹*Budker Institute of Nuclear Physics, Siberian Branch of Russian Academy of Science,
Novosibirsk 630090, Russia, e-mail: M.V.Korobeynikov@inp.nsk.su*

²*Institute of Solid State Chemistry and Mechanochemistry, Siberian Branch
of Russian Academy of Science, Novosibirsk 630128, Russia*

³*Institute of Cosmic and Aviation Materials Company Limited, Pereslavl-Zalessky,
Yaroslavl region, 152025, Russia*

⁴*Novosibirsk State University, Novosibirsk 630090, Russia*

Abstract

Composite materials based on oligocyanurate resin are widely used in spaceships. Samples of hardened epoxy resin Araldite MY 740, pure hardened oligocyanurate resin, glass-reinforced oligocyanurate resin (GROCR) and carbon-reinforced oligocyanurate resin (CROCR) based on carbon ribbons were irradiated by an intensive electron beam generated by an ILU-6 accelerator.

Samples' dimensions were 10*50*2 mm – standard size for three-point mechanical test. Mechanical parameters before and after irradiation were measured using standard three-point test. Mechanical testing were carried out in Budker Institute of Nuclear Physics. Every set consisted of 5 samples, the testing results were averaged. Measurement inaccuracy was less than 10%.

Samples were motionless fixed to a water-cooled collector for heat removal placed under beam window of ILU-6 electron accelerator. Temperature was monitored by thermocouple attached to upper sample surface. Samples' temperature during trials did not exceed 60-65°C.

After preliminary testing electron beam parameters were set as following: energy 2,4 MeV, pulse beam current 200 mA, pulse repetition rate 5 Hz, average beam current 0.66 mA, beam scanning length 50 cm, dose rate 1,5625 kGy/s. Electron beam generated by ILU-6 electron accelerator provides high dose rate to carry out radiation resistance tests in reasonable time.

The elasticity modulus of all samples practically did not depend on absorbed dose up to its maximum.

Epoxy resin Araldite MY 740 radiation hardness was in agreement with literature data. It lost elasticity at doses over 50 MGy, became fragile, easily destructible, nevertheless its elastic properties (elastic modulus E) persisted at small deformations. Its testing ceased after dose of 100 Mgy because of great strength degradation.

Hardened oligocyanurate resin did not change its properties at doses up to 100 MGy. Its elasticity decreases after dose of 200 MGy, and at dose of 500 MGY it becomes fragile and easily destructible.

Glass-reinforced oligocyanurate resin GROCR was stable up to 200 MGy. It loses about 30% of strength at 500 MGy, and a delamination of fracture specimens was observed – that was not observed at lower doses.

Carbon-reinforced oligocyanurate resin CROCR did not change its mechanical properties up to 500 MGy. Delamination of fracture specimens was not observed.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФТОРИРОВАНИЯ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ КОНЦЕНТРАТОВ ГИДРОФТОРИДОМ АММОНИЯ

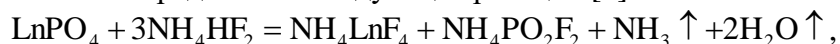
А.С. Буйновский, В.А. Лисица, П.Б. Молоков, А.В. Муслимова, В.Л. Софронов
*Северский технологический институт – филиал ФГАОУ ВО «Национальный
исследовательский ядерный университет «МИФИ»,
г. Северск, 636036, Россия, e-mail: klameri@mail.ru*

Монацит, монацитовый песок – минерал, относящийся к классу фосфатов лантаноидов, а также скандия (Sc), иттрия (Y), относимых наряду с лантаноидами к редкоземельным элементам (РЗЭ) и примесями актиноидов – тория (Th), урана (U) с общей химической формулой $M^{III}PO_4$. Монацит содержит более 50 % оксидов редкоземельных элементов, до 5-10 % ThO_2 , иногда до 1 % U_3O_8 . Из-за содержания тория и урана радиоактивен, степень радиоактивности зависит от содержания тория и урана. Существует несколько основных методов переработки монацитовых концентратов (МК), такие как щелочной и серноокислотный [1]. В основе щелочного способа лежит реакция взаимодействия монацита с растворами гидроксида натрия или калия, при этом для данного процесса необходимо достаточно тонко измельчить МК. В основе серноокислотного способа лежит взаимодействие фосфатов РЗЭ с серной кислотой с образованием растворимых сульфатов РЗЭ. Основными недостатками данного процесса является большой расход серной кислоты и значительный объём образующихся водных отходов.

Использование фторирующих агентов в переработке редкоземельных концентратов в ряде случаев позволяет сократить расход реагентов (в частности, серной кислоты), снизить объём радиоактивных отходов, а также эффективнее разрушать кристаллическую решётку РЗЭ концентратов и удалять кремний-составляющую концентрата в виде газообразного SiF_4 .

Применение непосредственно фтора и фтороводорода связано с экологической опасностью, а так же сложностью их регенерации, поэтому в последнее время рекомендуют их заменять на такие фторирующие агенты, как фторид аммония, бифторид аммония, и фтор-содержащие соли. Например, в источнике [2] рассмотрено разложение различного сырья фторидом аммония в жидком фтороводороде при мольном соотношении $NH_4F:HF$, равном 1:(1-5), при 150 °С. При этом время реагирования составляет всего от 5 секунд до 5 минут. Указано, что минералы циркония образуют фтораммонийные комплексы состава $(NH_4)_3ZrF_7$, тантала – $(NH_4)_2TaF_7$, титана – $(NH_4)_2TiF_6$. Данные комплексы при 300 °С разрушаются с образованием соответствующих фторидов. При этом так же происходит возгонка образовавшегося фторсиликата аммония $(NH_4)_2SiF_6$. Процесс проводят в ротационной трёхзонной печи.

В источнике [3] предложено использовать гидрофторид аммония (ГФА), но реакцию проводить при избыточном давлении в фторопластовых реакторах при температуре 140-190 °С. При этом так же используется добавка плавиковой кислоты для поглощения выделяющегося аммиака. Для взаимодействия фосфатов РЗЭ с гидрофторидом аммония предложена следующая реакция [3]:

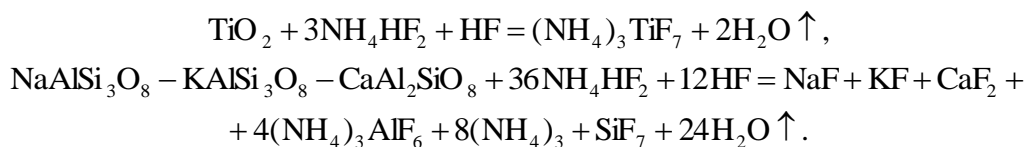


в присутствии плавиковой кислоты [3]:



В присутствии в концентрате примесей (например, циркона, рутила или полевых шпатов) расход фторирующих агентов значительно возрастает [3]:



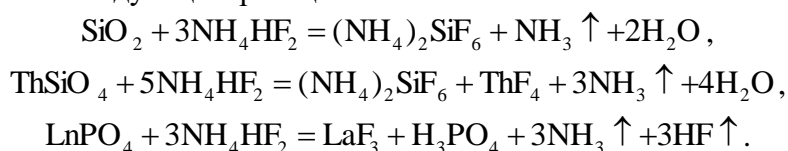


Указано, что при этом реализуется такой режим фторирования, при котором происходит связывание выделяющегося аммиака, что повышает фторирующий потенциал гидрофторида аммония. В случае проведения процесса без избыточного давления РЗЭ с большей вероятностью будут образовывать соответствующие фториды, а не фторметаллаты.

Недостатком данного способа является необходимость подбора количества плавиковой кислоты в зависимости от примесного состава концентратов, а так же получение РЗЭ в виде малорастворимых соединений. Также вызывает сомнение предложенный способ перевода РЗЭ из фторидов в растворимые соединения обработкой их соляной кислотой. В работах [4-5] для разложения фторидов предложен более эффективный реагент – концентрированная серная кислота.

При гидрофторировании происходит не полное фторирование концентрата, а частичное разрушение кристаллической решётки РЗЭ и выделение во фториды металлов, связанных с кремнием, перед дальнейшей сернокислотной переработкой, поэтому применение недостатка ГФА предпочтительнее с экономической и технологической точки зрения.

При температурах выше 210 °С взаимодействие составляющих концентрата с ГФА возможно по следующим реакциям:



Для выбора оптимальных условий гидрофторирования было проведено несколько серий экспериментов, методика и результаты которых представлены ниже.

Методика экспериментов. Гидрофторирование проводили в стеклоуглеродных тиглях, помещая в них навески измельченного ГФА и МК исходной крупности, при перемешивании. Тигель выдерживали заданное время в муфельной печи, которая была заранее нагрета до необходимой температуры.

В таблице 1 показаны результаты исследования влияния некоторых факторов на содержание в продуктах фторирования фтора и кремния.

Таблица 1

Содержание фтора, кремния и фосфора в продуктах фторирования после их выщелачивания водой

Условия	t, °С	250					230				170	190	210	230	250
	τ, ч	2,5					1	1,5	2	2,5	3,5				
	vГФА, %	80	90	100	110	120	110				110				
Содержание, мас. %	F	33,9	32,6	32,5	33,5	32	37,1	38,5	38,8	38,9	19,1	33	32,3	31,8	26,2
	Si	0,23	0,23	0,26	0,22	0,3	0,43	0,27	0,19	0,2	0,51	0,37	0,28	0,17	0,28
	P	4,9	5,8	4,7	5,1	5,7	5,8	4,7	5,1	5,7	5,1	5,2	6	6,3	7,6

Из представленных в таблице 1 данных видно, что самое большое содержание фтора в продуктах фторирования МК с ГФА было получено в экспериментах с разной продолжительностью процесса: увеличение продолжительности фторирования более 1,0-1,5 ч фактически не оказывает влияния на содержание фтора в продуктах фторирования. Также незначительно влияние количества БФА, использованного для

фторирования, в интервале (80-120) % от стехиометрически необходимого. С повышением температуры процесса с 170 до 190 °С происходит увеличение содержания фтора в продуктах фторирования МК, в интервале температур 190-230 °С его содержание практически не меняется, последующее увеличение температуры до 250 °С приводит к понижению содержания фтора в продукте. Исходя из этого можно предположить, что температура 170 °С является недостаточной для интенсификации процесса, а при температурах выше 230 °С происходит частичное разложение БФА.

В растворах выщелачивания продуктов фторирования МК определяли содержание кремния и ряда элементов, образующих при фторировании растворимые соединения, результаты приведены в таблице 2.

Таблица 2

Степени извлечения некоторых элементов из продуктов фторирования

Условия	t, °С	250					170	190	210	230	250	230				
	τ, ч	2,5					3,5					0,5	1	1,5	2	2,5
	v _{ГФА} , %	80	90	100	110	120	110					110				
Степень извлечения, %	Fe	19,5	26,1	26,1	25,3	31,6	77,8	65	31,6	28,9	7,9	65,7	54	49,4	50,7	51,3
	P	30,3	28,1	32,8	32,1	32,1	12	25	22	16,9	4,6	28,5	13,2	11,4	9,9	10,8
	Si	69,7	72,5	75,9	59,9	57,5	82,2	74,7	71,3	55,3	1,5	72,9	63	44,8	14,3	31,1

Из представленных в таблице 2 данных видно, что в интервале температур 170-210 °С с повышением температуры степень извлечения кремния изменяется незначительно, при дальнейшем повышении температуры – снижается, что скорее всего связано с разложением и потерей фторирующего агента. Исходя из этого в качестве оптимальной температуры процесса выбрана температура 210 °С. Для железа степень извлечения резко снижается при увеличении температуры с 170 до 210 °С, что свидетельствует об образовании при 210 °С менее растворимого соединения.

Извлечение алюминия, железа и фосфора в раствор в основном мало изменяется при варьировании количества используемого БФА от 80 до 120 % от стехиометрически необходимого. В качестве оптимального выбрано количество БФА, равное 80 % от стехиометрически необходимого.

Степень извлечения кремния с увеличением продолжительности процесса с 0,5 до 2,5 часов уменьшается с 72,9 до 31,1 %. Это, видимо, происходит за счет перехода кремния в газообразную фазу в виде SiF₄. Важно отметить схожесть зависимостей степеней извлечения железа и фосфора от продолжительности процесса фторирования: в интервале 0,5-1,5 часа они снижаются (для железа с 65,7 до 49,4 %, для фосфора с 28,5 до 11,4 %), после чего изменяются незначительно. Исходя из полученных степеней извлечения кремния и фосфора в раствор и их содержания в нерастворённом остатке, был рассчитан материальный баланс по данным элементам. Получено, что (21,1-36,2) % кремния от его содержания в исходном концентрате перешло в газовую фазу в виде SiF₄, и (55,3-76) % в раствор выщелачивания в виде растворимого (NH₄)₂SiF₆; (52,5-83,3) %, (12,0-32,8) % и (12,1-28,1) % фосфора распределено в твёрдой, жидкой и газообразной фазах соответственно.

Выводы

1. Для эффективного удаления кремния с целью увеличения выхода РЗЭ во фториды, а также разложения трудновскрываемой кристаллической решетки самого монацита были проведены исследования по фторированию МК. В качестве реагента был выбран ГФА как более безопасный с экологической точки зрения по сравнению с HF и F₂, а также благодаря возможности его регенерации с возвратом в процесс.

2. Содержание кремния в продуктах фторирования после их выщелачивания водой снижается до 0,17-0,51 мас. %. При этом 21,1-36,2 % кремния от его содержания в исходном концентрате переходит в газовую фазу в виде SiF_4 , 55,3-76,0 % – в раствор выщелачивания в виде растворимого $(\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6$.

3. (52,5-83,3) % фосфора в продуктах фторирования после их выщелачивания водой остаётся в твёрдой фазе, (12,0-32,8) % переходит в жидкую и (12,1-28,1) % переходит в газообразную.

4. Выбраны оптимальные условия для проведения процесса гидрофторирования МК ГФА: температура 210 °С; содержание ГФА 80 % от стехиометрии; продолжительность процесса 1 час.

Список литературы:

1. Большаков К.А. Химия и технология редких и рассеянных элементов. Ч. II. М.: Высшая школа, 1976. 360 с.
2. Способ обработки минералов: заявка на изобретение 2012127212 Рос. Федерация: авторы Ретиф В.Л. [и др.], заявл. 09.09.10, опубл. 10.01.14, бюл. № 01.
3. Способ бифторидной переработки редкого и редкоземельного минерального сырья: пат. 2576710 Рос. Федерация: авторы Гончаров А.А. [и др.], № 2014140586/02; заявл. 08.10.14, опубл. 10.03.16, бюл. № 7.
4. Способ переработки монацитового концентрата: пат. 2549412 Рос. Федерация: авторы Акимов Д.В. [и др.], № 2013145917/05; заявл. 14.10.13, опубл. 27.04.15, бюл. № 12.
5. Способ переработки монацитового сырья: пат. 2667932 Рос. Федерация: авторы Русаков И.Ю. [и др.], № 2017130644; заявл. 29.08.17, опубл. 25.09.18, бюл. № 27.

**RESEARCH OF FLUORINATION OF RARE-EARTH CONCENTRATES
BY AMMONIUM HYDROFLUORIDE**

A.S. Buinovskiy, V.A. Lisitsa, P.B. Molokov, A.V. Muslimova, V.L. Sofronov
*Seversk Technological Institute – branch of State Autonomous Educational Institution
of Higher Education «National Research Nuclear University «MEPhI»,
Seversk, 636036, Russia, e-mail: klameri@mail.ru*

Abstract

The main industrial methods of monazite's processing are alkaline and sulfuric. These methods have several disadvantages. It was proposed to add stage of hydrofluorination before sulfation to decrease sulfuric acid consumption from stoichiometric and volume of liquid solutions. The results of the study of this stage are presented in this thesis. Investigations were carried out using monazite (from «UralMonazite» in Krasnoufimsk) and ammonium hydrofluoride (HFA). It was varied temperature, heating time and amount of HFA. As a result silicon's distribution in phases after leaching are: (21.1-36.2)% to gas, (55.3-76.0)% to liquid, the rest - to solid. Phosphorus is distributed: (52.5-83.3)% to solid, (12.0-32.8)% to liquid and (12.1-28.1)% to gas. The optimal conditions for the hydrofluorination of monazite concentrate were chosen: 210 °C; the amount of HFA 80% of stoichiometry; 1 h.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОЕКТНОГО ЗНАЧЕНИЯ ГЛУБИНЫ ВЫГОРАНИЯ ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА РЕСУРСОМ ГРАФИТА В ВТГР

О.И. Булах, В.Н. Нестеров

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
Инженерная школа ядерных технологий, Томск, 634057, Россия,
e-mail: oik4@tpu.ru*

С 1954 года накоплен значительный опыт эксплуатации уран-графитовых реакторов с водяным теплоносителем. К особенностям реакторов типа РБМК относятся канальная конструкция и применение графита в качестве замедлителя. Выбор замедлителя обусловлен не только нейтронно-физическими характеристиками графита, но и рядом технико-экономических показателей. Во времена СССР предполагалось бурное развитие в строительстве реакторов РБМК, однако после аварии на Чернобыльской АЭС в 1986 году планы по сооружению энергоблоков были свернуты.

В настоящий момент перспективным представляется реализация инновационных проектов в России по строительству высокотемпературных газоохлаждаемых реакторов (ВТГР). ВТГР - реактор 4-го поколения, промышленное внедрение которого ожидается уже в ближайшем будущем [1]. ВТГР удовлетворяют требованиям развивающейся атомной индустрии, а международное агентство по атомной энергии квалифицировало этот тип реактора как абсолютно безопасный. Для реакторов типа РБМК и ВТГР характерно использование графита в качестве замедлителя и отражателя.

В процессе эксплуатации АЭС происходит облучение графита потоком повреждающих нейтронов, что приводит к деформации кристаллической структуры и возникновению дефектов [2]. В результате значительно изменяются физические, теплофизические и прочностные свойства графита.

Таким образом, актуальной задачей в области обеспечения радиационной безопасности является корректное определение срока службы графитовой кладки в реакторах нового поколения. Решение поставленной задачи базируется на накопленном многолетнем опыте эксплуатации графита в промышленных и энергетических уран-графитовых реакторах.

Одним из претендентов среди реакторов нового поколения типа ВТГР, отвечающим требованиям XXI века по безопасности, является реактор ГТ-МГР («Газовая турбина – модульный гелиевый реактор»). Установка состоит из двух связанных блоков, первым блоком является модульный высокотемпературный реактор (МГР), а вторым – газотурбинный преобразователь энергии прямого цикла (ГТ). Принципиальными особенностями реактора являются:

- высокоэффективное производство электроэнергии (КПД около 50%);
- использование высокотемпературного тепла для технологических производств;
- самозащищенность активной зоны, а также невозможность её расплавления при аварии;
- возможность реализации различных вариантов топливных циклов (уран, плутоний, торий);
- пониженное радиационное и тепловое воздействие на окружающую среду;
- прогнозируемая приемлемость экономических показателей в отношении стоимости электроэнергии по сравнению с альтернативными энергоисточниками.

При внедрении реактора ГТ-МГР, решаются многие проблемы атомной энергетики, а также повышается конкурентоспособность атомных станций. Расширение

применения ядерной энергетики в область промышленных высокотемпературных технологий и расширение круга стран-пользователей атомной энергетики являются одними из важнейших особенностей проекта. Поэтому для дальнейших расчетов был выбран данный тип реактора.

Для определения значения срока службы графита, произведен расчет критического флюенса по высоте активной зоны и радиусу рассматриваемой элементарной ячейки реактора. В работе введена величина «выработанный ресурс» для определения степени сохранности эксплуатационных характеристик графита.

Если $ВР \leq 1$, то эксплуатационные характеристики графита сохраняются. При $ВР > 1$ следует ожидать необратимых изменений эксплуатационных характеристик, в первую очередь, формоизменения, а затем трещинообразования с сопутствующей деградацией теплофизических свойств.

Длительности кампании составила 1090 эфф. суток, исходя из этого, произведен расчет выработанного ресурса, энерговыделение по радиусу активной зоны принято равномерным ($k_r = 1$). На рисунке 1 приведена зависимость выработанного ресурса от высоты активной зоны для участка элементарной ячейки, который расположен в топливном канале. В данной области наблюдается максимум температур, и соответственно наблюдается значительное изменение свойств графита.

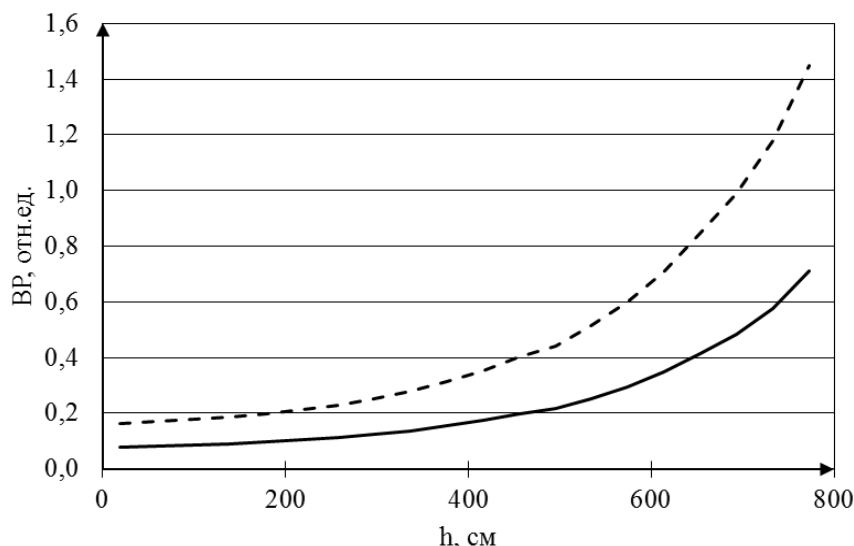


Рис. 1. Зависимость выработанного ресурса от высоты активной зоны для кампании равной: --- – 1090 эфф. суток, — — — 545 эфф. суток

Согласно графику, выработанный ресурс превышает значение 100% на четвертый год кампании, что говорит о дальнейшей опасности использования графитовых блоков в данном участке активной зоны. Максимальное значение для второго года использования графитовых блоков составило 71 %.

Кроме того, для обеспечения проектной глубины выгорания, а также для сохранности ресурса графита, на протяжении всей кампании ядерного топлива, разработана методика перестановки топливных блоков, согласно которой:

- Активная зона делится на две части по высоте.
- Топливные блоки с периферии первой (верхней) части АЗ из топливных колонн, эксплуатирующихся при высоких радиальных коэффициентах неравномерности, меняются местами с топливными блоками в области плато тепловыделения второй (нижней) части АЗ в топливные колонны, эксплуатирующиеся при низких радиальных коэффициентах неравномерности.
- Топливные блоки с области плато тепловыделения первой (верхней) части АЗ из топливных колонн, эксплуатирующихся при высоких радиальных коэффициентах неравномерности, меняются местами с топливными блоками на периферии второй

(нижней) части АЗ в топливные колонны, эксплуатирующиеся при низких радиальных коэффициентах неравномерности.

– Топливные блоки с периферии первой (верхней) части АЗ из топливных колонн, эксплуатирующихся при низких радиальных коэффициентах неравномерности, меняются местами с топливными блоками в области плато тепловыделения второй (нижней) части АЗ в топливные колонны, эксплуатирующиеся при высоких радиальных коэффициентах неравномерности.

– Топливные блоки с области плато тепловыделения первой (верхней) части АЗ из топливных колонн, эксплуатирующихся при низких радиальных коэффициентах неравномерности, меняются местами с топливными блоками на периферии второй (нижней) части АЗ в топливные колонны, эксплуатирующиеся при высоких радиальных коэффициентах неравномерности.

Данная комбинация проводится для всей активной зоны, что позволяет выровнять поле энерговыделения, обеспечить проектную глубину выгорания, а также повысить срок службы графита в условиях АЗ реактора ГТ-МГР. Влияние перестановки топливных блоков представлено на рисунках 2 и 3.

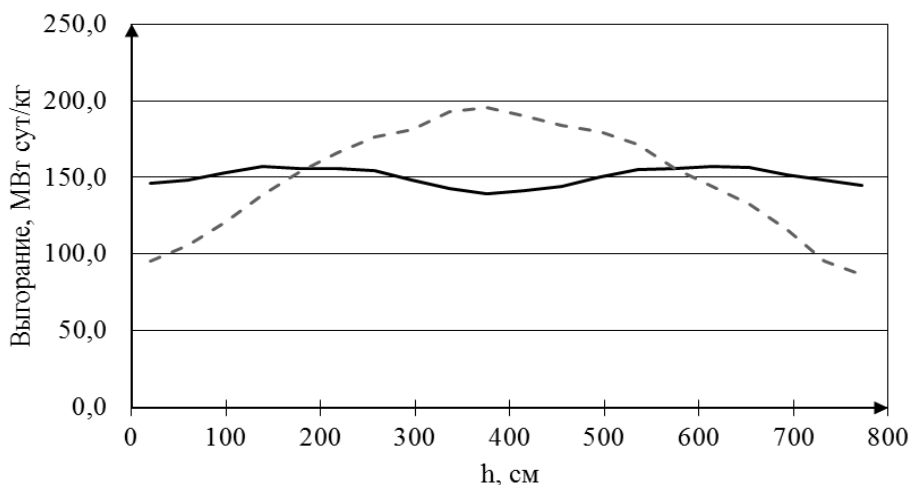


Рис. 2. Зависимость глубины выгорания от высоты активной зоны в конце кампании реактора:

--- без учета перестановки графитовых блоков;
 — с учетом перестановки графитовых блоков

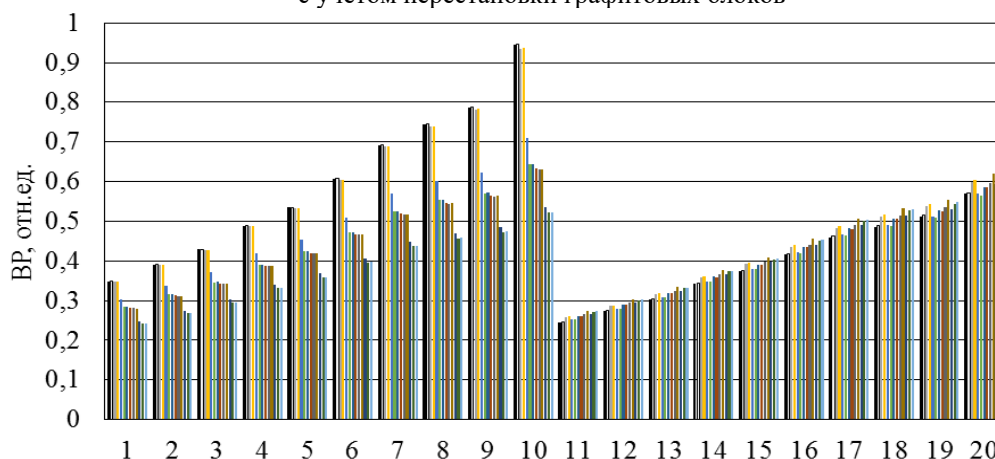


Рис. 3. Зависимость выработанного ресурса графита от высоты активной зоны в конце кампании реактора с различной неравномерностью энерговыделения, после перестановки блоков в середине кампании

Таким образом, в ходе работы реализован итерационный метод в рамках многогруппового расчета с учетом изменения нуклидного состава в процессе кампании, которая составила 4 года, что соответствует выгоранию 150 МВт·сут/кг. Определен максимальный запас реактивности в холодном разотравленном состоянии реактора

12,5 %. Полученные значения удовлетворительно согласуются с проектными данными [3]. Для оценки влияния радиального и азимутального коэффициентов неравномерности энерговыделения разработана расчетная методика для определения аксиального и радиального распределений температур облучения графита при работе реактора на номинальном уровне мощности. Оценено влияние неравномерности энерговыделения на выработанный ресурс графита, после чего разработана методика перестановки графитовых блоков реактора ГТ-МГР, использование которой приводит к выравниванию неравномерности выгорания топлива, а также увеличению ресурса графитовых блоков реактора.

Список литературы:

1. Бойко В.И., Демянюк Д.Г., Кошелев Ф.П. и др. Перспективные ядерные топливные циклы и реакторы нового поколения: Учебное пособие – Томск: ТПУ, 2005 г. – С.490.
2. Мочалов А.М., Наймушин А.Г., Нестеров В.Н., Пугачев Д.К. Определение скорости накопления запасенной энергии Вигнера в графитовом замедлителе // Известия вузов. Ядерная энергетика. – 2015. – №4 – С.101–111.
3. Основные положения концептуального проекта и компоненты установки ГТ-МГР. “Дженерал Атомикс” – А 21351, июнь, 1993. – С.112.

**DEFINITION THE DESIGN VALUE OF BURN UP FRACTION
BY GRAPHITE RESOURCE IN HTGR**

O.I. Bulakh, V.N Nesterov

*National Research Tomsk Polytechnic University,
Engineering School of Nuclear Technology, Tomsk, 634057, Russia,
e-mail: oik4@tpu.ru*

Abstract

The most common type of nuclear reactors are LWRs, where light water simultaneously acts as coolant and moderator; an alternative to LWRs are HTGRs where neutrons are moderated by graphite and carbon dioxide or helium remove the fission and decay heats. The major benefit of HTGRs, compared to LWRs, is the higher temperature outlet of the coolant, about 850 °C, which allows an energy conversion efficiency of 50%.

Design and experimental work completed by the present moment confirm that the project meets all requirements to new-generation reactor plants for full-scale nuclear power. Reactor technology with the modular helium reactor GT-MHR is characterized by high safety, which prevents fuel meltdown without the need for NPP personnel actions. The GT-MHR can be successfully applied in nuclear power for generation of electric energy and for technological purposes, including production of hydrogen from water. Minimal amount of equipment and safety systems conditions reduction of capital and operation costs and low cost of generated electric energy. The GT-MHR is a good example of international cooperation in the field on innovative nuclear technology development.

The main design, technological and technical production characteristics: the nuclear reactor with ring configuration of the fissile region, 600 MWt, fuel in the form of UO₂ microfuel elements with enrichment of 19,9%, the helium heat carrier.

Work purpose: a correct assessment of endurance of graphite of fuel blocks of the high-temperature gas-cooled reactors.

The goal of the work is an analysis of the operational parameters affecting the operability of the nuclear-pure graphite, the calculation of the financial component of the work, to describe the factors affecting to the performance of the work.

The result of the research is the new methods of fuel blocks replacements, which allows to equalize the energy allocation field over the GT-MHR reactor core and the extension of the reactor graphite lifetime.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ НА ТРАССАХ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ЛЭП В РЕЖИМАХ НЕСИММЕТРИЧНЫХ КОРОТКИХ ЗАМЫКАНИЙ

Н.В. Буякова¹; А.В. Крюков^{2,3}; Д.А. Середкин³

¹*Ангарский государственный технический университет,
Ангарск, 665835, Россия, e-mail: bn_900@mail.ru*

²*Иркутский национальный исследовательский технический университет,
Иркутск, 664074, Россия, e-mail: and_kryukov@mail.ru*

³*Иркутский государственный университет путей сообщения,
Иркутск, 664074, Россия, e-mail: dmitriy987@mail.ru*

Введение. Высоковольтные воздушные линии электропередачи (ЛЭП) создают электромагнитные поля (ЭМП) промышленной частоты [1–4], которые негативно воздействуют на людей и окружающую природную среду, а также генерируют помехи, вызывающие нарушения в работе электрических и электронных устройств [5–7]. За счет ЭМП на отключенных линиях электропередачи и связи, проходящих вблизи трассы ЛЭП, могут наводиться опасные напряжения. Воздействие этих напряжений на персонал может приводить к тяжелым электротравмам. Поэтому задача анализа условий электромагнитной безопасности на трассах высоковольтных ЛЭП имеет несомненную актуальность.

В нормальных симметричных режимах работы ЛЭП 110-220 кВ уровни напряженностей ЭМП обычно не превышают допустимых пределов. Однако, в процессе эксплуатации ЛЭП могут возникать аварийные ситуации, приводящие к экстремальным режимам, характеризующимся повышенными уровнями напряженностей ЭМП. Одной из разновидностей экстремальных режимов является короткое замыкание (КЗ), приводящее к протеканию значительных токов по проводам ЛЭП и существенному росту напряженностей магнитного поля. Ниже приведены результаты компьютерных исследований, направленных на анализ условий электромагнитной безопасности на трассах ЛЭП в режимах КЗ.

Методика моделирования. Моделирование проводилось на основе программного комплекса Fazonord [6]. На первом этапе выполнялся расчет режима электрической сети в фазных координатах, по результатам которого определялись потенциалы и токи всех проводов ЛЭП [6, 7]. Далее, по методике, описанной в работе [6], осуществлялось вычисление вертикальных и горизонтальных составляющих напряженностей электрического и магнитного полей: $\dot{E}_x, \dot{E}_y, \dot{H}_x, \dot{H}_y$. На основе полученных результатов производился расчет амплитудных значений напряженностей E_{\max}, H_{\max} с учетом возможной эллиптической поляризации полей [6].

Результаты моделирования. Схема исследуемой сети представлена на рис. 1, а. Рассматривался участок ЛЭП 220 кВ, протяженностью 10 км. Моделирование осуществлялось для следующих режимов:

- однофазное КЗ
- двухфазное КЗ;
- двухфазное короткое замыкание на землю.

Расположение проводов на опоре линии показано на рис. 1, б. Зависимости напряженностей электрического и магнитного полей на нормированной высоте 1,8 метра от горизонтальной координаты x показаны на рис. 2 – 4.

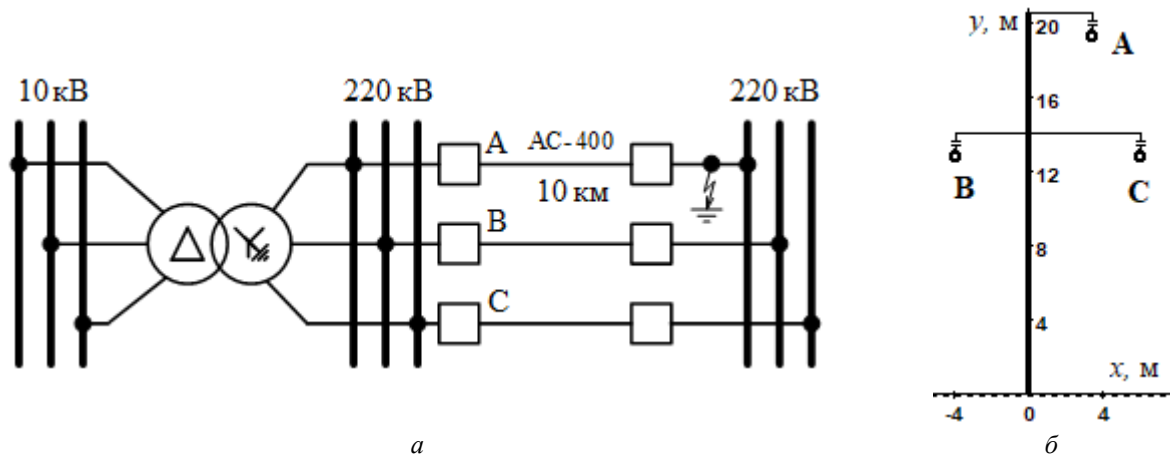


Рис. 1. Схема электрической сети (а) и расположение проводов на опоре ЛЭП (б)

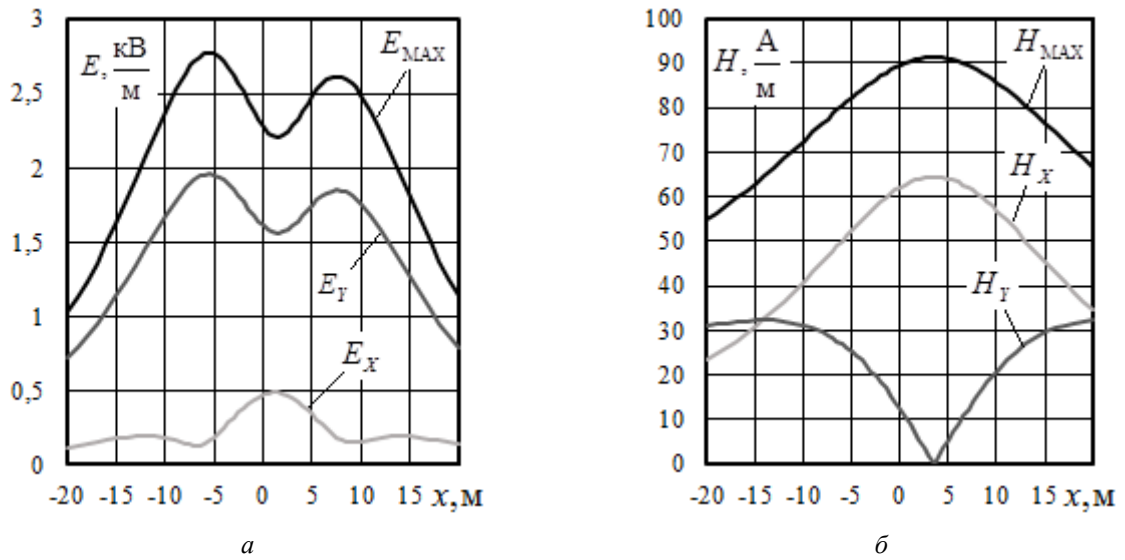


Рис. 2. Напряженности электрического (а) и магнитного (б) полей на высоте 1,8 м при однофазном КЗ

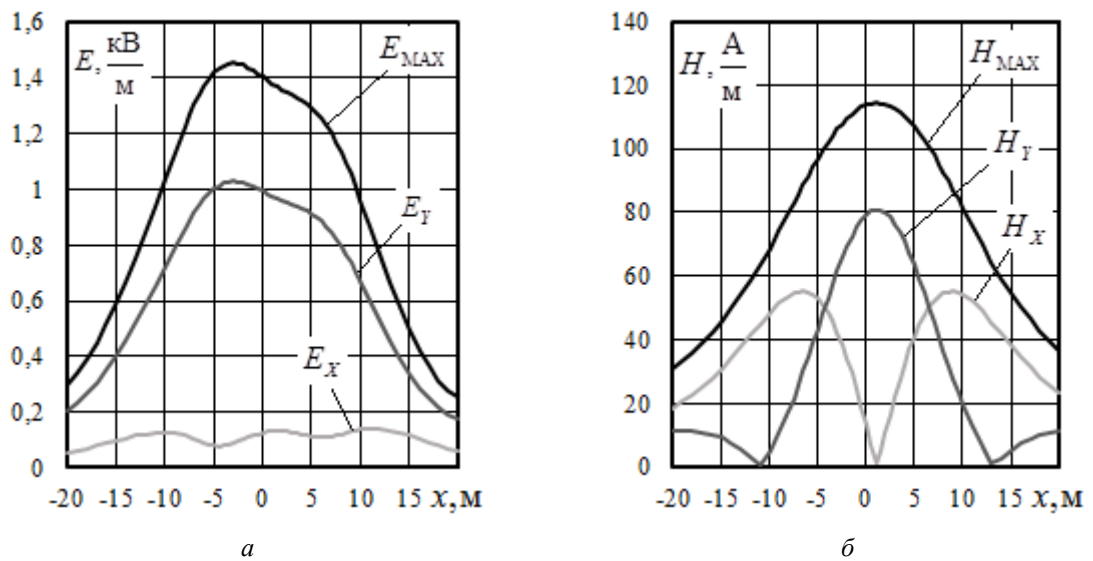


Рис. 3. Напряженности электрического (а) и магнитного (б) полей на высоте 1,8 м при двухфазном КЗ

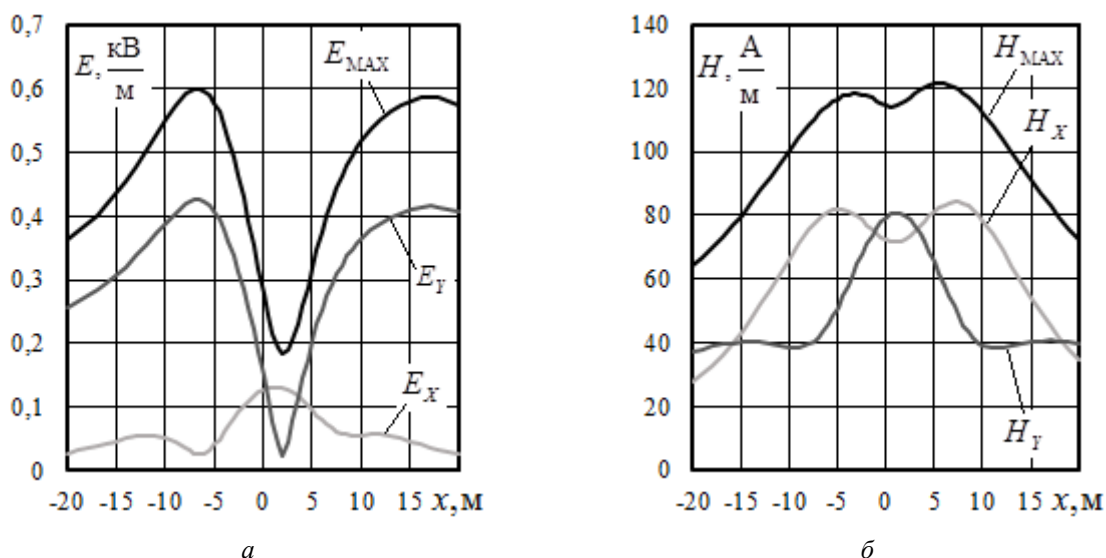


Рис. 4. Напряженности электрического (а) и магнитного (б) полей на высоте 1,8 м при двухфазном КЗ на землю

Максимальные значения амплитуд электрического и магнитного полей на высоте 1,8 м от земли приведены в табл. 1.

Таблица 1

Максимальные значения амплитуд напряженностей ЭМП

Параметр	Однофазное КЗ	Двухфазное КЗ	Двухфазное КЗ на землю
E_{\max} , кВ/м	2,77	1,455	0,601
H_{\max} , А/м	91,26	114,36	121,43

Результаты расчета напряженностей электрического и магнитного полей для различных значений вертикальной и горизонтальной координат x и y представлены на рис. 5 –7.

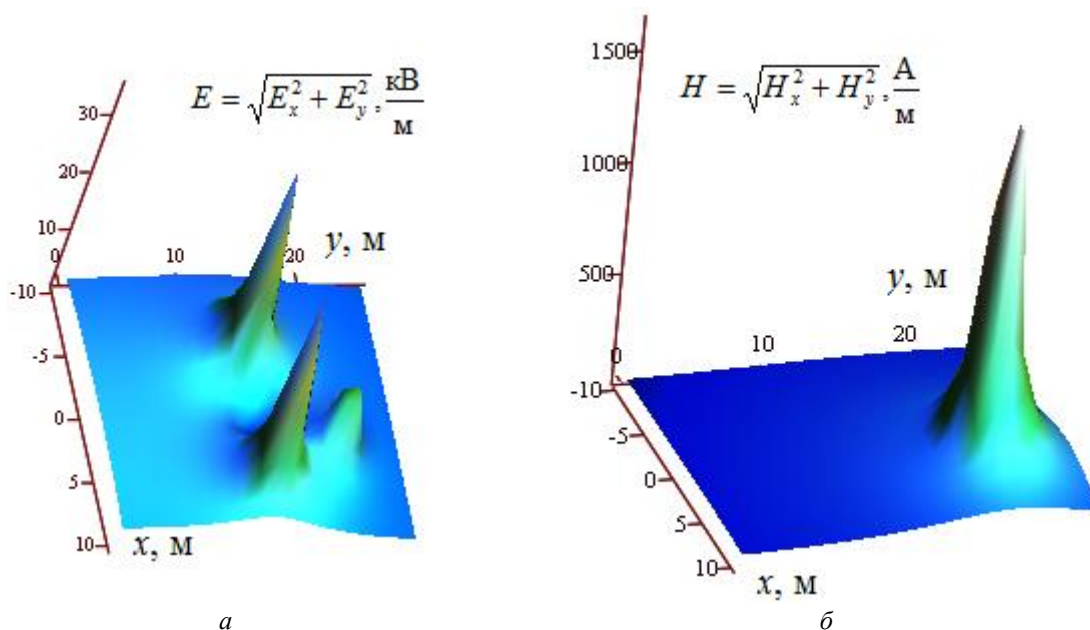


Рис. 5. Амплитуды напряженностей электрического (а) и магнитного (б) полей при однофазном КЗ

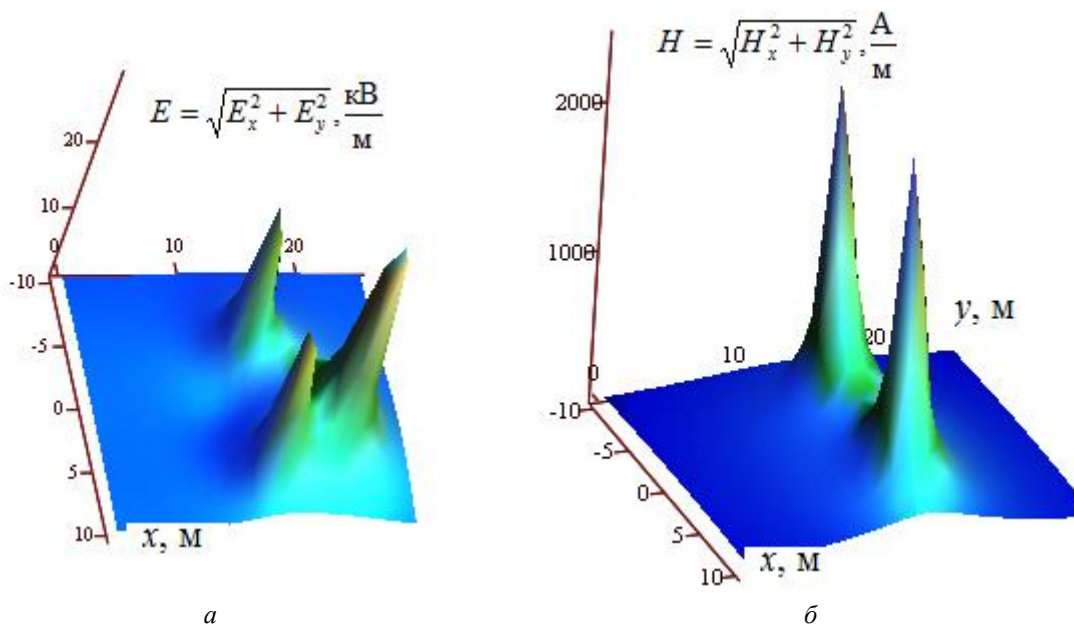


Рис. 6. Амплитуды напряженностей электрического (а) и магнитного (б) полей при двухфазном КЗ

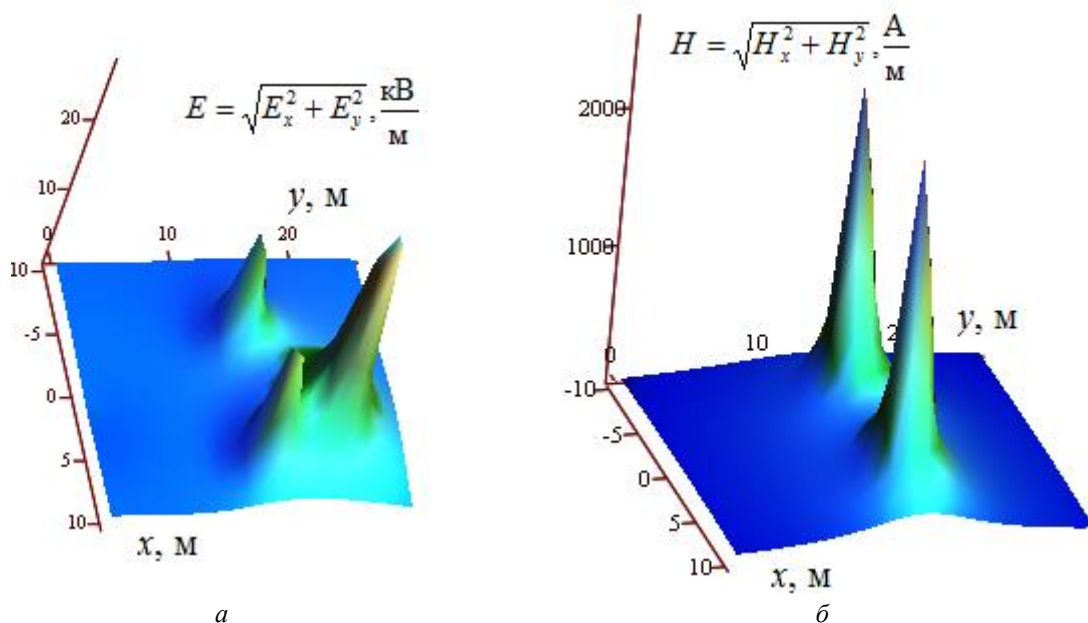


Рис. 7. Амплитуды напряженностей электрического (а) и магнитного (б) полей при двухфазном КЗ на землю

Заключение. По результатам моделирования можно сделать следующие выводы по уровням напряженностей электромагнитного поля на нормативной высоте 1,8 м от поверхности земли.

1. Наибольшее значение амплитуды напряженности электрического поля наблюдается при однофазном КЗ. Этот параметр в данном случае достигает 2,8 кВ/м, что в 4,5 раза больше, чем при двухфазном коротком замыкании на землю. Однако, уровни напряженности электрического поля не превосходят допустимых значений, установленных нормами [8].

2. За счет протекания значительных токов по проводам ЛЭП в режимах КЗ максимальные уровни напряженностей магнитного поля значительно превосходят допустимые значения в 80 А/м. Продолжительность режимов КЗ незначительна, так как они, как правило, достаточно быстро ликвидируются релейной защитой. Поэтому воздействия ЭМП на персонал в кратковременных режимах КЗ учитывать нецелесообразно. Однако в результате повышенных значений напряженности магнитного по-

ля на проводах отключенных смежных линий электропередачи и связи могут возникнуть значительные наведенные напряжения, даже кратковременное воздействие которых на персонал и низковольтные устройства телекоммуникаций может быть крайне негативным.

Список литературы:

1. Сидоров А.И., Украинская И.С. Электромагнитные поля вблизи электроустановок сверхвысокого напряжения. – Челябинск: ЮУрГУ, 2008. – 204 с.
2. Аполлонский С.М. Внешние электромагнитные поля электрооборудования и средства их снижения. – СПб.: Безопасность, 2001. – 620 с.
3. Костенко М.В. Влияние электрических сетей высокого напряжения на техно- и биосферу. – Л.: ЛПИ. 1984. 56 с.
4. Струмеляк А.В. Анализ электромагнитных полей промышленной частоты в электрических сетях // Труды братского государственного университета. Серия: естественные и инженерные науки. – № 1(8). – 2004. – С. 40-43.
5. Электромагнитная совместимость воздушных, подземных и подводных линий электропередачи высокого напряжения с биосферой и окружающей средой / К.П. Кадомская, С.А. Кандаков, Ю.А. Лавров, С.С. Шевченко. – Новосибирск: НГТУ, 2007. – 119 с.
6. Буйкова Н.В., Закарюкин В.П., Крюков А.В. Электромагнитная безопасность в системах электроснабжения железных дорог: моделирование и управление. – Ангарск: АнГТУ, 2018. – 382 с.
7. Electromagnetic Safety Enhancing in Railway Electric Supply Systems / Natal'ya Buyakova, Vasiliy Zakaryukin, Andrey Kryukov, Tu Nguyen // E3S, Web of Conferences 58, 01006(2018) RSES 2018. – P. 1 – 6.
8. Электромагнитные поля в производственных условиях. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.2.4.1191-03. – М.: Минздрав РФ, 2003. – 38 с.

ELECTROMAGNETIC SAFETY ON ROUTES OF HIGH-VOLTAGE TRANSMISSION LINES IN MODES OF ASYMMETRICAL SHORT CIRCUITS

N.V. Buyakova¹, A.V. Kryukov^{2,3}, D.A. Sereдкин³

¹Angarsk state technical university, Angarsk, 665835, Russia, e-mail: bn_900@mail.ru

²Irkutsk national research technical university. Irkutsk, 664074, Russia,

e-mail: and_kryukov@mail.ru

³Irkutsk state transport university, Irkutsk, 664074, Russia, e-mail:zakar@irk.ru

Abstract

The article presents the results of studies of electromagnetic safety conditions on the route of 220 kV transmission line modes asymmetric short circuits. On the basis of modeling in the software package Fazonord it is shown that these modes there is a significant increase of intensities of the magnetic field under wires of the transmission line normalized to a height of 1.8 m. for example, when single-phase short circuit, the maximum amplitude of the magnetic field is 12 kV/m.

УПРАВЛЕНИЕ НЕСТАЦИОНАРНЫМИ РЕЖИМАМИ РАБОТЫ ВЕТРОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АГРЕГАТОВ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ

В.И. Буяльский

*ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», Морской колледж,
г. Севастополь, 299015, Россия, e-mail: v.ios@yandex.ua*

Обоснована причина разработки управления нестационарными режимами работы ветроэлектрических агрегатов в условиях изменения температуры внешней среды. Разработаны мероприятия по обеспечению учета плотности воздушного потока в различные времена года для математической зависимости угловой скорости ветроколеса от скорости ветра и угла положения лопасти.

Современная технология производства электроэнергии путём использования энергии ветра имеет ряд проблем, которые негативным образом влияют на повышение эффективности преобразования энергии. Широко используемые методы управления ветроэнергетической установкой в условиях быстро изменяющихся ветровых и электрических нагрузок не обеспечивают должной стабильности частоты вращения ротора ветротурбины, что отрицательно влияет на надёжность и продолжительность безаварийной работы ветроэлектрических агрегатов. Решение этих проблем возможно лишь при наличии эффективного автоматизированного управления ветроэлектрическим агрегатом.

В работе [1] предложен метод своевременной подготовки системы к внешним возмущающим воздействиям, что обеспечивает повышение стабильности частоты вращения ротора ветротурбины.

В основе реализации предложенного метода лежит математическая зависимость угловой скорости ветроколеса от скорости ветра и угла положения лопасти [2]:

$$\Omega = 119 \frac{Ze}{rib(1-e^2)} \frac{V}{\alpha}, \text{ рад/с} \quad (1)$$

где Ω – угловая скорость;

Z – коэффициента быстроходности ветротурбины;

V – скорость ветра; α – угол положения лопасти;

r – длина лопасти;

i – количество лопастей ветротурбины;

b – ширина лопасти;

e – коэффициент торможения.

Предложенная математическая зависимость (1) установлена для плотности воздуха вблизи земли $\rho = 0,125 \text{ кг} \times \text{с}^2 / \text{м}^4$ при температуре $t = 15^\circ \text{C}$ и давлении $P_0 = 760 \text{ мм рт.ст.}$, и не учитывает изменения температурных условий внешней среды, которые могут изменяться в различные времена года, что обуславливает изменение плотности воздушного потока. Для решения задачи учета, указанных атмосферных параметров, следует воспользоваться формулой определения коэффициента

использования энергии ветра: $C_p = \frac{2P(V-v_1)}{F\rho V^3}$ [3], где P – лобовое давление потока

воздуха на ветротурбину, F – ометаемая поверхность ветроустановки, ρ – плотность воздуха вблизи земли, v_1 – потеря скорости в плоскости ветроколеса.

Значение коэффициента использования энергии ветра (C_p) при плотности воздуха $\rho = 0,125 \text{ кг} \times \text{с}^2 / \text{м}^4$ и коэффициента быстроходности $Z = 5$ составляет $C_p = 0,4$ [2]. Лобовое давление P в соответствии с [3] определяется, как $P = \rho F (V - v_1) 2v_1$, и имеет прямую зависимость от скорости ветра. Следовательно, при фиксированных значениях лобового давления P , ометаемой поверхности F , плотности воздуха ρ , потери скорости v_1 , скорости ветра V можно определить зависимость коэффициента использования энергии ветра от плотности воздушного потока, то есть $k \frac{1}{0,125} = 0,4$ или $0,05 \frac{1}{\rho} = C_p$. Таким образом, выражение определения значения коэффициента использования энергии ветра в зависимости от плотности воздушного потока может иметь следующий вид:

$$C_p = k \frac{1}{\rho} \quad (2)$$

Математическая зависимость угловой скорости ветроколеса от скорости ветра и угла положения лопасти (1) содержит параметр e – коэффициент торможения, который определяется по таблице 1 по отношению к коэффициенту использования энергии ветра C_p [3].

Таблица 1

Значения коэффициента торможения e

e	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
C_p	0,324	0,512	0,593	0,576	0,500	0,384	0,252	0,128	0,04	0

Таким образом, существует зависимость между значением коэффициента торможения и величиной плотности воздушного потока, которая определяется по формуле:

$$\rho = \frac{\gamma}{g} \left[\frac{\text{кг} \cdot \text{с}^2}{\text{м}^4} \right] \quad (3)$$

где γ – удельный вес воздуха;

g – ускорение силы тяжести.

В таблице 2, согласно [4] приведены данные удельного веса воздуха γ и ускорения силы тяжести g для различных температурных условий внешней среды (от 28°C до -45°C), а в соответствии с (2) и (3) – расчетные данные коэффициента торможения.

Таблица 2

Атмосферные параметры и расчетные данные коэффициента торможения

Температура воздуха, $t^\circ\text{C}$	Удельный вес воздуха, γ $\text{кг}/\text{м}^3$	Ускорение силы тяжести, g $\text{м}/\text{с}^2$	Плотность воздуха, ρ $\text{кг} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^4$	Коэффициент использования энергии ветра, C_p	Коэффициент торможения, e
от 28 до 20	1,478–1,316	9,81–9,80	0,151–0,134	0,33–0,37	0,1
от 19 до 1	1,297–0,991	9,80–9,80	0,132–0,101	0,38–0,49	0,6
от 0 до -1	0,977–0,962	9,79–9,79	0,100–0,098	0,50–0,51	0,5
от -2 до -7	0,947–0,874	9,79–9,79	0,097–0,089	0,52–0,56	0,2
от -8 до -10	0,859–0,833	9,79–9,79	0,088–0,085	0,57–0,59	0,4
от -11 до -45	0,819–0,453	9,79–9,77	0,084–0,046	0,60–1,08	0,3

По результатам расчетных значений, изложенных в таблице 2, определена зависимость коэффициента торможения e от температуры воздуха t , и приведена в таблице 3.

Данные, представленные в таблице 3, характеризуют параметры для ветроэлектрических агрегатов с коэффициентом быстроходности $Z = 5$. В таблице 4 приведены расчетные значения коэффициента торможения e в зависимости от температуры воздуха t и коэффициента использования энергии ветра C_p , который определяется в соответствии с [3] для коэффициента быстроходности в пределах от $Z = 2$ до $Z = 12$.

Таблица 3

Результаты расчетных данных: t, e

Температура воздуха, $t^{\circ}C$	от 28 до 20	от 19 до 1	от 0 до -1	от -2 до -7	от -8 до -10	от -11 до -45
Коэффициент торможения, e	0,1	0,6	0,5	0,2	0,4	0,3

Таблица 4

Результаты расчетных данных: t, e, C_p от $Z = 2$ до $Z = 12$

Коэффициент быстроходности, Z	Коэффициент использования энергии ветра, C_p	Температура воздуха, $t^{\circ}C$	Коэффициент торможения, e
$Z = 2$	$C_p = 0,10$	от 28 до 2	0,8
		от 1 до -45	0,9
$Z = 3$	$C_p = 0,24$	от 28 до 11	0,7
		от 10 до 2	0,1
		от 1 до -24	0,9
		от -25 до -45	0,8
$Z = 5$ $Z = 6$ $Z = 9$ $Z = 10$	$C_p = 0,40$	от 28 до 20	0,1
		от 19 до 1	0,6
		от 0 до -1	0,5
		от -2 до -7	0,2
		от -8 до -10	0,4
		от -11 до -45	0,3
$Z = 7$ $Z = 8$	$C_p = 0,48$	от 28 до 13	0,6
		от 12 до 12	0,5
		от 11 до 5	0,2
		от 4 до 2	0,4
$Z = 4$ $Z = 11$ $Z = 12$	$C_p = 0,32$	от 1 до -45	0,3
		от 28 до 17	0,7
		от 16 до 5	0,1
		от 4 до -12	0,6
		от -13 до -14	0,5
		от -15 до -21	0,2
		от -22 до -23	0,4
		от -24 до -45	0,3

Управление ветроэлектрическим агрегатом реализуется программно, следовательно, приведенные в таблице 4 данные позволяют разработать алгоритм для определения коэффициента торможения в соответствии с изменением температуры внешней среды для заданной быстроходности ветроустановки.

Для анализа влияния изменения температуры внешней среды на положение угла лопасти, как регулятора угловой скорости ротора ветротурбины, согласно выраже-

ния (1) в таблице 5 сведены расчетные данные угла атаки (α) в соответствии с изменением температуры воздуха для заданной рабочей скорости ветра $V = 13$ м/с при быстроходности $Z = 5$.

Таблица 5

Результаты расчетных данных, α

Температура воздуха, $t^{\circ}\text{C}$	от 28 до 20	от 19 до 1	от 0 до -1	от -2 до -7	от -8 до -10	от -11 до -45
Угол положения лопасти, α	6	55	39	12	28	19

Предложенная математическая зависимость (1) установлена для плотности воздуха вблизи земли $\rho = 0,125 \text{ кг} \times \text{с}^2 / \text{м}^4$ при температуре $t = 15^{\circ}\text{C}$, следовательно, при скорости ветра $V = 13$ м/с – угол положения лопасти составляет: $\alpha = 55^{\circ}$.

Таким образом, на основе изложенных, расчетных данных в таблице 5 следует, что изменение температуры воздуха в пределах $t = 1^{\circ}\text{C} - t = 19^{\circ}\text{C}$ не влияет на угол положения лопасти и составляет $\alpha = 55^{\circ}$. Критичный диапазон $t = 20^{\circ}\text{C} - t = 28^{\circ}\text{C}$, так как угол атаки определен в сторону «мощность» до предельного значения, следовательно, учет изменения температуры внешней среды, является необходимым условием при управлении нестационарными режимами работы ветроэлектрических агрегатов.

Список литературы:

1. Буяльский В.И. Автоматизированная система управления ветроэнергетической установкой на базе прогнозирования скорости ветра и мощности потребляемой электроэнергии. / В.И. Буяльский // Международный научный журнал Наука и мир №9 (49) Волгоград, 2017 г. – С. 14 – 19.
2. Буяльский В.И. Метод повышения эффективности управления режимом работы ветротурбины / В.И. Буяльский // Энергетик. – 2013. – №9. – С. 34 – 37.
3. Кривцов В.С., Олейников А.М., Яковлев А.И. Книга 2: Неисчерпаемая энергия. Ветроэнергетика / В.С. Кривцов, А.М. Олейников, А.И. Яковлев. – Учебник. – Харьков: Национальный аэрокосмический университет «Харьковский авиационный институт», Севастополь: Севастопольский национальный технический университет, 2004. – 519 с.
4. Атмосфера стандартная. Параметры: ГОСТ 4401–81 / ИПК «Издательство Стандартов» – Москва. – БЗ 11 – 2003.

CONTROL OF NON-STATIONARY OPERATING MODES OF WIND-ELECTRIC UNITS IN THE CONDITIONS CHANGE OF TEMPERATURE OF THE ENVIRONMENT

V.I. Buyalsky

Sevastopol State University, Sea College, Sevastopol, 299015, Russia, e-mail: v.ios@yandex.ua

Abstract

The reason of working out of control by non-stationary operating modes wind-electric units in the conditions of change of temperature of an environment is proved. The developed actions for maintenance of the account of density of an air stream in various seasons for mathematical dependence of angular speed wind-wheels from speed of a wind and a corner of position of the blade.

ОЦЕНКА РИСКА ПРОИЗВОДСТВЕННО-ОБУСЛОВЛЕННЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ У РАБОТАЮЩИХ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ГОРНО-ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА В АРКТИЧЕСКОМ РЕГИОНЕ

В.Р. Быков, А.Н. Никанов, Л.В. Талыкова, В.М. Дорофеев

*Научно-исследовательская лаборатория Федерального бюджетного учреждения
науки «Северо-западный научный центр гигиены и общественного здоровья»
Роспотребнадзора, г. Кировск, 184250, РФ, e-mail: NIL_gigiena@mail.ru.*

Кольский полуостров, территория которого в полном объеме входит в сухопутную часть Арктической зоны РФ, богат минеральными ресурсами, что предопределило создание нескольких предприятий горнодобывающей промышленности, составляющих основу экономики. Горнодобывающие предприятия объединены преимущественно в горно-металлургический и горно-химический комплексы, осуществляющие добычу полезных ископаемых и, в основном, их первичную переработку. Промышленно освоены месторождения апатито-нефелиновых руд (ФосАгро - АО «Апатит» и АО «СЗФК» г.Кировск и г.Апатиты), апатито-магнетитовых руд (АО «Ковдорский ГОК» г.Ковдор), железистых кварцитов (АО «ОЛКОН» г.Оленегорск), сульфидных медно-никелевых руд АО «Кольская Горно-металлургическая компания» - гг.Заполярный, Никель, Мончегорск), лопаритовых руд (АО «Севредмет» - г.Ревда), слюды и вермикулита (г.Ковдор).

Непосредственной добычей полезных ископаемых открытым или подземным способом заняты мужчины. В основных и вспомогательных профессиях обогатительных комплексов горнодобывающих предприятий Кольского полуострова занята значительная часть населения промышленных моногородов, в том числе женщин [12]. В процессе трудовой деятельности работники горнодобывающих предприятий в целом, и обогатительных комплексов в частности, подвергаются воздействию комплекса вредных производственных факторов [3,11]. Часть из них, преимущественно при добыче полезных ископаемых, являются общими для всех предприятий отрасли: шум, общая и локальная вибрация, охлаждающий микроклимат, тяжесть труда. Особое место занимает металлургическая переработка сульфидных медно-никелевых руд, завершающаяся получением металлов высокой степени чистоты.

Из определения производственной среды невозможно исключить природно-климатические условия Крайнего Севера, для которых, прежде всего, характерны экстремальные погодные условия, специфический фотопериодизм, особенности воздействия сложных процессов адаптации на функциональное состояние органов сердечно-сосудистой и дыхательной систем. Ряд профессий предприятий горнодобывающей промышленности напрямую подвергаются воздействию неблагоприятных природных факторов [16,17].

С учетом воздействия комплекса вредных и опасных факторов большинство основных технологических профессий горнодобывающей промышленности относятся к профессиям высокого уровня профессионального риска [2,8]. Нарушения здоровья работающих, напрямую связанные с воздействием вредных производственных факторов высокой интенсивности, проявляются формированием профессиональных заболеваний (ПЗ). При воздействии вредных производственных факторов, интенсивность которых может не достигать лимитированных уровней, высока вероятность развития профессионально обусловленных заболеваний (ПОЗ), то есть общесоматических болезней, для которых в результате сравнительного анализа с уровнем заболеваемости профессиональных групп, не подвергающихся воздействию вредных и опасных производственных факторов, доказывается вероятная связь с профессией

[14,15]. Эксперты ВОЗ считают, что до 40% болезней работающего населения в той или иной степени связаны с профессиональным воздействием [4,9]. Выбор мероприятий для оздоровления условий труда напрямую связан с оценкой уровня профессионального риска на основе статистической обработки данных периодических медицинских осмотров (ПМО) [7,10]. Следует отметить, что указанная оценка может более объективно отражать фактический уровень профессионального риска, чем результаты Специальной оценки условий труда и данные о ПЗ. Анализ данных ПМО позволяет выделить из общей совокупности хронических болезней профессионально-обусловленные, выбрать наиболее рациональные пути профилактического воздействия на отдельные компоненты производственной среды, направленные на минимизацию профессионального риска в отдельных профессиях и приводящие к улучшению показателей здоровья работающих [1,2,5,6,13].

Проведённые исследования базируются на данных ПМО крупнейших предприятий Горнопромышленного комплекса региона: АО «Североникель» Кольской ГМК (РАФ - рафинировочный цех и ЦЭН - цех электролиза никеля) и ФосАгро – АО «Апатит» (ОКР - подземный Объединенный Кировский рудник и АНОФ – апатито-нефелиновая обогатительная фабрика).

Для изучения состояния здоровья работников и его динамики проанализированы результаты ПМО цехов двух ведущих предприятий горнопромышленного комплекса Кольского полуострова: (табл.1).

Таблица 1

Общее число лиц, осмотренных при проведении ПМО

Предприятие	Цех	Всего осмотрено		Итого
		мужчин	женщин	
АО «ФосАгро-Апатит»	АНОФ		578	6627
	ОКР	6049		
АО «Кольская Горно-металлургическая компания»	РАФ	1845	268	5006
	ЦЭН	2094	799	
Итого по всем цехам предприятий		9988	1645	11633

Учитывая, что женщины не заняты в основных технологических профессиях подземного рудника, в анализ включена апатито-нефелиновая обогатительная фабрика (АНОФ), где женщины представлены в основных технологических профессиях обогащения апатито-нефелиновой руды.

Анализ данных диспансерного учета в региональном профцентре о больных профессиональными болезнями показал, что в структуре ПЗ Кольской ГМК лидируют болезни органов дыхания (68,8%), в АО «Апатит» - болезни костно-мышечной системы (57,8%); по АНОФ структура профзаболеваний в равных долях включает нейросенсорную тугоухость и хронический бронхит, а также болезни костно-мышечной системы.

Руководствуясь положениями документа Р2.2.1766-03 [15] можно признать доказанным профессиональный риск только в том случае, когда данные аттестации рабочих мест дополняются данными эпидемиологического, клинико-физиологического и других методов исследования, базирующихся на результатах ПМО.

Следует отметить, что оценка профессионального риска на градообразующих предприятиях моногородов сталкивается с определёнными сложностями, прежде всего в подборе группы сравнения: отсутствие альтернативного производства с достаточным числом работающих, не подвергающихся воздействию вредных и опасных производственных факторов.

С учётом различий в интенсивности воздействия основных производственных факторов на организм работающих в изучаемых цехах, для расчета риска производственно обусловленной заболеваемости было решено провести взаимное сравнение 4 изучаемых цехов по 13 классам болезней.

Для расчёта риска ПОЗ и значений этиологического фактора были использованы стандартизованные по возрасту показатели заболеваемости на 1000 осмотренных. В качестве единого стандарта выбрано повозрастное распределение мужчин и женщин в цехе электролиза никеля при ПМО 2011 года.

Проведённая реконструкция ряда производств (АНОФ – ФОСАГРО-Апатит и ЦЭН – Кольской ГМК), обновление парка машин и оборудования на рудниках, средств индивидуальной защиты привели к улучшению условий труда. Для оценки эффекта от изменений параметров производственной среды на уровни заболеваемости по результатам ПМО и, соответственно, на степень профессиональной обусловленности заболеваний (табл.2), были оценены их значения в 2005 (ФОСАГРО), 2006 (Кольская ГМК) и в 2015 годах.

Таблица 2

Степени профессиональной обусловленности (ПО) [15]

$0 < RR \leq 1$	$1 < RR \leq 1,5$	$1,5 < RR \leq 2$	$2 < RR \leq 3,2$	$3,2 < RR \leq 5$	$RR > 5$
EF = 0	EF < 33 %	EF = 33 – 50 %	EF = 51 – 66 %	EF = 67 – 80 %	EF = 81 – 100 %
Нулевая	Малая (М)	Средняя (С)	Высокая (В)	Очень высокая (ОВ)	Почти полная (ПП)
Общие заболевания		Профессионально обусловленные заболевания			Профессиональные заболевания

Полученные значения риска продемонстрировали различную степень ПО по отдельным классам болезней у представителей основных профессий в выбранных для исследования цехах. Показатели заболеваемости мужчин - рабочих основных и вспомогательных технологических профессий цехов Кольской ГМК РАФ (плавильщик, обжигальщик, дробильщик, флотатор, чистильщик, машинисты мельниц и крана) и ЦЭН (аппаратчик-гидрометаллург, электролизник водных растворов, катодчик) сравнивались с аналогичной группой профессий ФОСАГРО АО «Апатит» ОКР (проходчик, горнорабочий-ГРОЗ, машинисты: ПДМ, ПСМ, погрузочных машин, буровых установок, электровозов).

Аналогично стандартизованные показатели заболеваемости женщин КГМК: РАФ (аппаратчик, дробильщик, загрузчик шихты, флотатор, чистильщик, машинист ПГУ, машинист крана) и ЦЭН (электролизник водных растворов, аппаратчик-гидрометаллург, машинист крана) сравнивались с показателями женщин АНОФ (фильтровальщик, флотатор, машинисты: транспортеров, кранов, насосных установок) АО «Апатит». Особенность всех этих профессий – полносменное пребывание в соответствующем производственном цехе.

Таким образом, анализ ПОЗ в горнодобывающей и горно-металлургической промышленности в ряде цехов ведущих предприятий отрасли Мурманской области АО «Апатит» - ФОСАГРО и АО «Североникель» - Кольская ГМК установил следующее:

1. В отношении всех классов болезней, которые включают профессиональные заболевания, в 2005/2006 годах определена степень ПО, соответствующая уровню и структуре ПЗ предприятия:

- для рабочих основных профессий цехов АО «Апатит» почти полная и высокая ПО установлена для болезней нервной системы, уха и сосцевидного отростка и болезней костно-мышечной системы и соединительной ткани (КМС) для подземного рудника (ОКР) и обогатительной фабрики (АНОФ),

- в цехах КГМК у мужчин ЦЭН и РАФ установлена почти полная ПО для болезней кожи и подкожной клетчатки, средняя - для болезней органов дыхания

- у женщин КГМК почти полная ПО установлена для болезней кожи и от средней до высокой - для болезней органов дыхания;

- в отношении болезней КМС в цехах КГМК степень ПО ниже, чем в цехах АО «Апатит» и колеблется в пределах от малой до средней степени (у женщин ЦЭН);

- в 2015 году преимущественно отмечалось снижение показателей заболеваемости по всем классам, включающим профессиональные заболевания; максимально - в ОКР по болезням нервной системы - в 5,8 раза (с 272,8 до 47,4 на 1000 осмотренных).

2. Различный уровень ПО определён для ряда классов общесоматических заболеваний: некоторые инфекционные и паразитарные болезни, новообразования, болезни эндокринной системы и расстройства питания; болезни системы кровообращения, болезни органов пищеварения, болезни мочеполовой системы.

В условиях производства приоритет первичной профилактики заболеваний осуществляется на основе комплекса организационно-технических и санитарно-гигиенических мероприятий по оптимизации условий и режимов труда, общему оздоровлению рабочих, рациональному обучению, оптимизации предварительных и периодических осмотров, а так же своевременному выявлению лиц с повышенным риском развития заболевания, как профессиональных, так и производственно обусловленных. Вся ответственность за решение задач по первичной профилактике профессиональных заболеваний возложена на работодателя, органы Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека и ЛПУ. Именно работодатель отвечает за сохранение рабочего потенциала, что особенно важно в регионах Арктической зоны РФ где остро стоит проблема дефицита рабочей силы; этому должна способствовать разработка концепции по предупреждению риска общих и профессиональных заболеваний.

Список литературы:

1. Атаманчук А.А. Актуальные проблемы медицины труда XXI века – производственно обусловленные заболевания сердечно-сосудистой системы, вызванные воздействием неблагоприятных физических факторов. //Актуальная биотехнология – 2014. – № 3. – С. 50-52.
2. Аскарлова З.Ф., Чащин В.П., Денисов Э.И. Профессиональный риск для здоровья работников горнодобывающих предприятий. – Санкт-Петербург: Нордмедиздат, 2010. - 216 с.
3. Баранников В.Г., Кириченко Л.В. Особенности формирования функционального состояния горнорабочих в условиях микроклимата калийных рудников. //Медицина труда и промышленная экология. – 2018. – № 4. – С. 19-23.
4. Выявление и профилактика болезней, обусловленных характером работы: Доклады комитетов экспертов ВОЗ: [Пер. с англ.]. - Женева: ВОЗ, 1987. - 72[1]. - (Серия технических докладов /ВОЗ; 714).
5. Егорова А.М. Совершенствование лечебно-профилактических мероприятий на ранних стадиях профессионально обусловленных заболеваний металлургов. //Медицина труда и промышленная экология. – 2008. – № 9. – С. 9-13.
6. Измеров Н.Ф., Пиктушанская Т.Е. Показатели смертности у больных профессиональными заболеваниями и оценка качества медицинской помощи. //Медицина труда и промышленная экология. – 2016. – № 9. – С. 10-14.

7. Методические рекомендации по оценке профессионального риска по данным периодических медицинских осмотров. Утв. Научным Советом Минздрава России и РАМН «Медико-экологические проблемы здоровья работающих» 13 июня 2006 г. М. 2006.
8. Никанов А. Н., Чащин В. П. Гигиеническая оценка экспозиции и определение ее величины при производстве никеля, меди и кобальта на горно-металлургическом комплексе Кольского Заполярья. //Экология человека. – 2008. – № 10. – С. 9–14.
9. Профессиональная гигиена: контроль за состоянием производственной среды и здоровье человека: Доклад комитета экспертов ВОЗ. – (серия технических докладов / ВОЗ; 535). Всемирная организация здравоохранения, Женева, 1975.
10. Прокопенко Л.В., Соколова Л.В. Современные проблемы проведения периодических медицинских осмотров и оценки здоровья работающего населения по их итогам. //Экология человека. - 2012. – № 11. – С. 27-32.
11. Преображенская Е.А., Сухова А.В., Зорькина Л.А и др. Гигиеническая оценка условий труда и состояние здоровья работников горно-обогатительных комбинатов. //Гигиена и санитария. – 2016. - №11. – С.1065-1070.
12. Рочева И.И., Лештаева Н.Р. Условия труда и состояние здоровья работниц на предприятиях никелевого производства Кольского Заполярья. //Экология человека - 2008. – № 10. – С. 47–49.
13. Рослая Н.А. Базарова Е.Л.Ошеров И.С и др. Организация многоэтапной системы медико-профилактических мероприятий по снижению профессионального риска на крупном металлургическом предприятии. //Организация здравоохранения. - 2014. - № 6. - С. 137-140.
14. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда Р 2.2.2006–05
15. Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки. Р 2.2.1766-03.
16. Сюрин С.А., Горбанёв С.А. Влияние условий и продолжительности труда на здоровье горняков северных рудников. //Медицина труда и промышленная экология.-2018.-№5.-С.44-49.
17. Чащин В.П., Деденко И.И. Труд и здоровье человека на Севере. – Мурманск: Кн. изд-во, 1990. – 104 с.

**RISK ASSESSMENT OF WORK-RELATED DISEASES IN WORKERS
OF MINING-INDUSTRIAL COMPLEX ENTERPRISES
IN THE ARCTIC REGION**

V.R. Bykov, A.N. Nikanov, L.V. Talykova, V.M. Dorofeev

Cola Research Laboratory for Occupational Health,

Kirovsk, Murmansk region, 184250, Russia, e-mail: NIL_gigiena@mail.ru

Abstract

The generalized characteristics of working conditions in the extraction and enrichment of apatit-nepheline ores, refining of copper-nickel ores and electrolytic production of nickel enterprises of mining and smelting, mining and chemical complexes at Kola Peninsula are presented.

The parameters of health status impairment of workers employed in these enterprises are shown.

The significance of periodic medical examinations as a component of occupational risk assessment has been determined.

The conclusions contain the main directions of primary and secondary prevention of health disorders.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВРЕМЕННОГО И ЭЛЕКТРОННОГО АМПЛИТУДНОГО РАЗРЕШЕНИЯ ГАММА ДЕТЕКТОРОВ НА ОСНОВЕ LYSO СЦИНТИЛЛЯТОРОВ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В УСТАНОВКАХ ОБНАРУЖЕНИЯ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ, ЯДЕРНЫХ ДЕЛЯЩИХСЯ МАТЕРИАЛОВ И РАБОТАЮЩИХ ПО МЕТОДУ МЕЧЕННОГО НЕЙТРОНА

И.Г. Вавилова¹, В.А. Соловей¹, А.С. Федорова¹, Ю.К. Колобов²

¹ФГБУ ПИЯФ НИЦ КИ, г. Гатчина, Ленинградская область, 188300, Россия

²ОАО “НТЦ Ратэк”, г. Санкт-Петербург, 193230, Россия

e-mail: solovei_va@npi.nrcki.ru

Метод меченых нейтронов (ММН) состоит в облучении инспектируемого объекта потоком нейтронов с энергией 14,1МэВ, образующихся в реакции $d + t \rightarrow \alpha + n$. Источником нейтронов является портативный нейтронный генератор, например ИНГ-27, со встроенным многоканальным α -детектором.

Исследуемый объект облучается нейтронами с энергией 14,1МэВ, скорость нейтрона при такой энергии составляет 5,1см/нс. Энергия α -частиц составляет 3,5МэВ. Нейтроны, проходя через объект, порождают γ -кванты в реакции неупругого рассеяния на ядрах $A(n,\gamma)A$. Измеряется временной интервал между моментами регистрации α -частицы и γ -кванта. Временной интервал определяет координату точки рождения γ -кванта. Энергетический спектр γ -излучения содержит характеристические линии химических элементов, входящих в состав объекта, представлен рисунке 1 [1]. Эта информация позволяет построить трехмерное изображение объекта и определить его элементный состав (C,N,O,...).

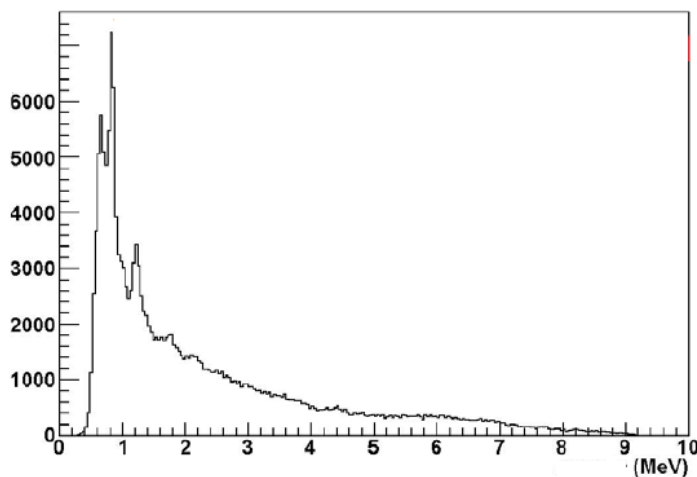


Рис. 1. Суммарный энергетический спектр характеристического γ -излучения контейнера, содержащего графитовый образец.

Временное разрешение прибора напрямую влияет на пространственное разрешение и пределы обнаружения и является одним из важнейших параметров прибора. Использование (α - γ)-совпадений приводит к существенному подавлению фона, что значительно облегчает идентификацию исследуемого объекта, представлено на рисунке 2 [1].

Основные методы цифровой привязки, корнями уходящие в аналоговую форму и поэтому не требующие значительной вычислительной мощности:

1. Led (Leading Edge Discriminator) - привязка по пересечению постоянного порога.

2. CFD (Constant Fraction Discriminator) - привязка по пересечению постоянной части сигнала;
3. ISA (Initial Slope Approximation) - аппроксимация наклона переднего фронта сигнала;
4. ARC-CFD (Amplitude and Risetime Compensated Constant Fraction Discriminator) --дискриминатор со следящим порогом и компенсацией времени нарастания импульса;
5. CF (Crossover Timing)- привязка по нулю биполярного импульса.

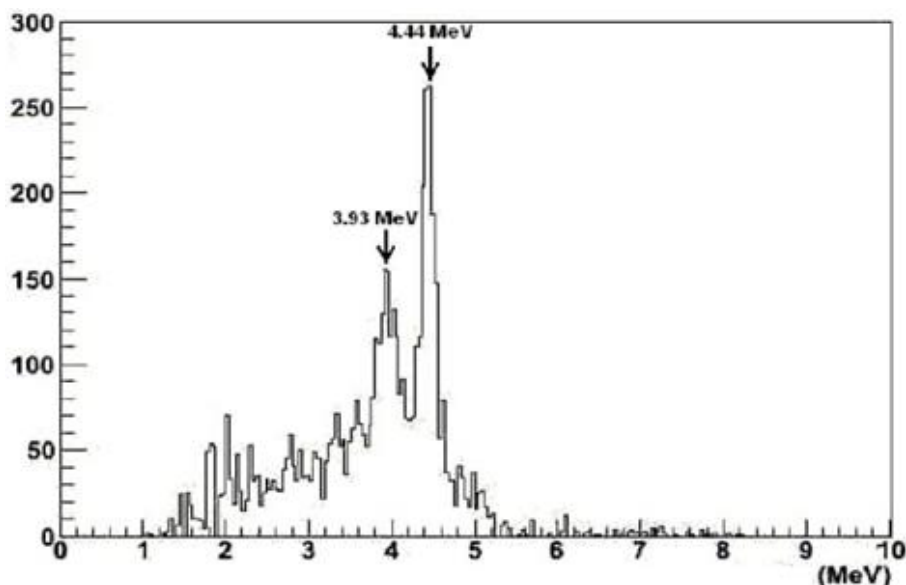


Рис.2. Энергетический спектр характеристического γ -излучения контейнера содержащего графитовый образец при использовании $(\alpha-\gamma)$ -совпадений.

В качестве детекторов гамма-излучения в установке по обнаружению взрывчатых вещества предполагается использовать сцинтиллятор LYSO (ортосиликат лютеция легированный церием) [2]. Этот сцинтиллятор имеет сходные с BGO характеристики по энергетическому разрешению - от 7% до 11% по линии 662 кэВ. Плотность и эффективный атомный номер кристаллов LYSO также близки к характеристикам кристаллов BGO и, соответственно, сцинтилляторы LYSO имеют близкую, хотя и несколько большую, эффективность регистрации по сравнению с кристаллами BGO.

Передний фронт нарастания LYSO кристалла равен 15 нс. Если учесть, что он должен быть больше $5 \cdot T_s$, следует, что частота дискретизации должна быть не менее 500 МГц, а желательно выше. Воспользуемся тем, что сигнал от детектора на базе кристалла LYSO имеет форму типа CUSP с линейным передним фронтом (длительность переднего фронта 15 нс, постоянная времени спада 41 нс) используем полученные результаты в [3] и попробуем осуществить временную привязку методом Crossover Timing.

При моделировании примем, что частота дискретизации 1 ГГц, разрядность 12 бит, частота синтезированного сигнала, поступающего на дигитайзер 100 ГГц, разрядность 16 бит. Рассмотрим в начале сигнал типа Гаусс, дисперсия сигнала определяет его длительность по времени и ширину на полувысоте, временная привязка методом Crossover Timing, внешние шумы отсутствуют. Оценим влияние степени полинома интерполяции на ошибку определения точки пересечения нуля дифференцированного сигнала типа Гаусс (отметки временной привязки). Вершина Гаусс сигнала сдвинута на половину периода частоты дискретизации. Результаты моделирования приведены в таблице 1, ошибка дана в нс.

Влияние степени полинома интерполяции на ошибку определения точки пересечения нуля дифференцированного сигнала

Дисперсия	Степень полинома интерполяции				Ширина распределения ошибки на полувысоте
	1	2	3	4	
2	0,0053	0,0038	0,0065	0,0431	4,7
3	0,0051	0,0044	0,0044	0,0034	7,06
4	0,0051	0,0047	0,0048	0,0056	9,4
5	0,0050	0,0048	0,0049	0,0053	11,76
10	0,0050	0,0049	0,0050	0,0050	23,54

Вывод – для уменьшения затрат вычислительной мощности и упрощения выполнения в FPGA в дальнейшем будем использовать линейную интерполяцию (полином 1 степени.)

Согласно данным ранее выполненной работы - при определении времени прихода сигнала предпочтительным выглядит такой вариант, как предварительное сглаживание выходного сигнала фильтра методом локальной регрессии, далее дифференцирование сигнала, и при переходе дифференцированного сигнала в область отрицательных значений. Ошибка определения времени составляет +/- один такт частоты дискретизации при выбранных параметрах.

Воспользуемся методом взвешенной локальной регрессии. Каждой точке из набора значений выходного сигнала ставится в соответствие взвешенная сумма значений в точках, соседних с ней:

$$B_i = \sum_{j=-m}^m W_j A_{i+j}$$

где B_i - искомые значения сглаженного сигнала,

$2m + 1$ -количество точек, выбираемых для сглаживания,

W_j - весовые коэффициенты, определяющиеся по следующему правилу:

$$W_j = \left[1 - \left| \frac{t_i - t_{i+j}}{d(t_i)} \right|^3 \right]^3$$

где t_i - момент времени, соответствующий значению A_i ,

$d(t_i)$ - расстояние от t_i до наиболее

При моделирование временной привязки методом Crossover Timing для сигнала типа CUSP с линейным передним фронтом изменялась длительность переднего фронта 5, 10, 15, 20 нс, постоянная времени спада оставалась постоянной 41 нс, при соотношении сигнал шум 30дб, 40 дб – характерные величины для сигналов с ФЭУ, частота дискретизации выбиралась равной 1ГГц, 2ГГц, 5ГГц. При оценке выбиралась максимальная переменная ошибка. Постоянная составляющая ошибки не влияет на относительную точность измерения и не вносит временной джиттер – поэтому она удалена из окончательного результата.

Выводы из результатов моделирования временной привязки методом Crossover Timing, для обеспечения точности временной привязки сигнала от детектора на базе кристалла LYSO с точностью не хуже 70 пс (при ошибке определения времени прихода двух сигналов 70 пс – ошибка определения временного промежутка между этими двумя сигналами составит $(70^2\text{пс}+70^2\text{пс})^{1/2}=100$ пс:

- При соотношении сигнал шум 40 дб достаточно частоты дискретизации 1 ГГц и сглаживания по 7 или 10 точкам, но теряем форму сигнала.

- При соотношении сигнал шум 30 дб достаточно частоты дискретизации 2 ГГц и сглаживания по 20 точкам, но теряем форму сигнала.

• При соотношении сигнал шум 30 дБ достаточно частоты дискретизации 5 ГГц и сглаживания по 20 точкам, но теряем форму сигнала.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России, Соглашение №075-02-2018-260 от 26.11.2018 г., уникальный идентификационный номер проекта RFMEFI60718X0200.

Список литературы:

1. [http://www.euritrack.org/Anglais/Tagged%20Neutron%20Inspection%20System%20\(TNIS\)%20development.pdf](http://www.euritrack.org/Anglais/Tagged%20Neutron%20Inspection%20System%20(TNIS)%20development.pdf)
2. <https://www.crystals.saint-gobain.com/sites/imdf.crystals.com/files/documents/lyso-material-data-sheet.pdf>
3. В.А. Соловей, А.С. Федорова “Моделирование цифрового трансверсального фильтра с формой импульсной характеристики CUSP с линейным фронтом” Препринт ПИЯФ 2904, 2012 – 48 стр.

SIMULATION OF THE TIME AND ELECTRONICS AMPLITUDE RESOLUTION GAMMA DETECTORS BASED ON LYSO SCINTILLATORS FOR USE IN SYSTEMS FOR THE DETECTION OF EXPLOSIVES, NUCLEAR FISSILE MATERIALS AND OPERATING BY THE TAGGED NEUTRON METHOD

I.G. Vavilova¹, V.A. Solovei¹, A.S. Fedorova¹, Yu.K. Kolobov²

¹*PNPI NRC KI*

²*Inc. "STC "RATEC"*

e-mail: solovei_va@pnpi.nrcki.ru

Abstract

Using a 12-bit digitizer running at 1GHz with a signal or noise 40dB at 5GHz signal to noise ratio of 30 dB with Crossover Timing method will achieve temporal resolution FWHM of the order of 50ps and 80 ps, respectively. Modeling was performed by use of LYSO scintillator as gamma detector. Modeling was made in mathematical computing software MatLab.

When simulating a time reference using the Crossover Timing method for a CUSP type signal with a linear rise front, the linear rise front duration was 5, 10, 15, 20 ns, the decay time constant remained constant at 41 ns, and the signal noise ratio was 30 dB, 40 dB — the characteristic values for signals from the photomultiplier, the sampling rate was chosen equal to 1 GHz, 2 GHz, 5 GHz. In evaluating, the maximum variable error was selected. The constant component of the error does not affect the relative accuracy of the measurement and does not introduce time jitter - so it is removed from the final result.

Conclusions from the results of the simulation of the time reference using the Crossover Timing method to ensure the accuracy of the time reference of the signal from the detector based on the LYSO crystal with an accuracy of no worse than 70 ps (with an error determining the arrival time of two signals 70 ps, the error in determining the time interval between these two signals will be 702ps) $1/2 = 100ps$:

- At a signal-to-noise ratio of 40 db, a sampling frequency of 1 GHz and smoothing by 7 or 10 points is enough, but we lose the waveform.
- At a signal-to-noise ratio of 30 dB, a sampling frequency of 2 GHz and smoothing by 20 points is enough, but we lose the waveform.
- With a signal-to-noise ratio of 30 dB, a sampling frequency of 5 GHz and smoothing by 20 points is enough, but we lose the signal shape.

УДК 53.082.7

**ПРОЕКТ ЦИФРОВОЙ УСТАНОВКИ РАБОТАЮЩЕЙ ПО МЕТОДУ
МЕЧЕНОГО НЕЙТРОНА С ЦЕЛЬЮ ОБНАРУЖЕНИЯ
ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ, ЯДЕРНЫХ ДЕЛЯЩИХСЯ МАТЕРИАЛОВ,
РАБОТАЮЩИЙ ПО МЕТОДУ МЕЧЕНОГО НЕЙТРОНА**

И.Г. Вавилова¹, В.А. Соловей¹, А.С. Федорова¹, Ю.К. Колобов²

¹ФГБУ ПИЯФ НИЦ КИ, г. Гатчина, Ленинградская область, 188300, Россия

²ОАО “НТЦ Ратэк”, г. Санкт-Петербург, 193230, Россия

Метод меченых нейтронов (ММН) состоит в облучении инспектируемого объекта потоком нейтронов с энергией 14,1МэВ, образующихся в реакции $d + t \rightarrow \alpha + n$. Принцип работы по методу меченых нейтронов представлен на рисунке 1. Источником нейтронов является портативный нейтронный генератор, например ИНГ-27 [1], со встроенным многоканальным α -детектором.

Исследуемый объект облучается нейтронами с энергией 14,1МэВ, скорость нейтрона при такой энергии составляет 5,1см/нс. Энергия α -частиц составляет 3,5МэВ. Нейтроны, проходя через объект, порождают γ -кванты в реакции неупругого рассеяния на ядрах $A(n, n\gamma)A$. Измеряется временной интервал между моментами регистрации α -частицы и γ -кванта. Временной интервал определяет координату точки рождения γ -кванта. Энергетический спектр γ -излучения содержит характеристические линии химических элементов, входящих в состав объекта, эта информация позволяет построить трехмерное изображение объекта и определить его элементный состав (С, N, O, ...).

Следует отметить, что метод меченых нейтронов и установки работающие по этому методу активно развиваются примером этому служит Проект ТАНГРА - развитие и применение метода меченых нейтронов для изучения ядерных реакций и элементного анализа в ЛНФ ЛИЯИ [3]

Временное разрешение прибора напрямую влияет на пространственное разрешение и пределы обнаружения и является одним из важнейших параметров прибора. Использование (α - γ)-совпадений приводит к существенному подавлению фона, что значительно облегчает идентификацию исследуемого объекта представлено на рисунке 1. [2].

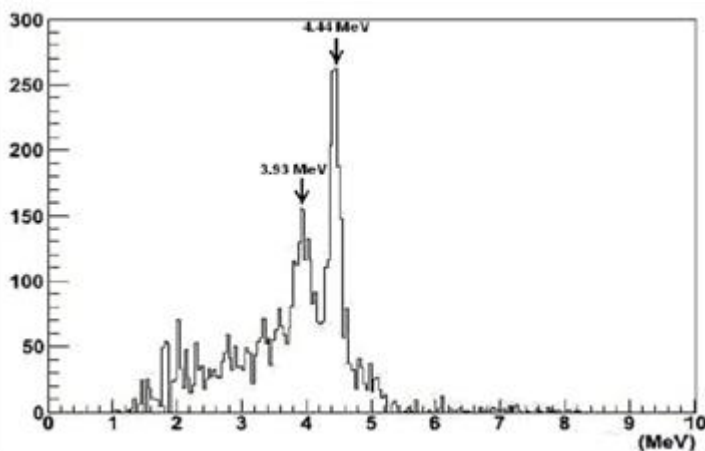


Рис. 1. Энергетический спектр характеристического γ -излучения контейнера содержащего графитовый образец при использовании (α - γ)-совпадений.

Обычные решение системы сбора данных имеют один существенный недостаток на сегодняшний момент – они основаны на старой идеологии – новая парадигма

диктует полностью цифровую систему – основанную на дискретизации формы выходного сигнала с детектора и последующей цифровой обработкой специализированным вычислителем на основе FPGA при больших входных нагрузках или обработки программой работающей на DSP процессорах при средних уровнях входной нагрузки или стандартных персональных компьютерах при малых уровнях. Следует отметить, что сохранение всей картинки позволяет гибко менять процессы обработки и селекции с помощью программного обеспечения, выпуск новой модели фактически сводится к замене программного обеспечения.

Основные методы цифровой привязки корнями, уходящие в аналоговую форму и поэтому не требующие значительной вычислительной мощности:

1. Led (Leading Edge Discriminator) - привязка по пересечению постоянного порога.

2. CFD (Constant Fraction Discriminator) - привязка по пересечению постоянной части сигнала;

3. ISA (Initial Slope Approximation) - аппроксимация наклона переднего фронта сигнала);

4. ARC-CFD (Amplitude and Risetime Compensated Constant Fraction Discriminator) --дискриминатор со следящим порогом и компенсацией времени нарастания импульса;

5. CF (Crossover Timing)- привязка по нулю биполярного импульса.

В методе ARC-CFD влияние разброса времени сбора на точность стробирования уменьшается за счет некоторого увеличения влияния на него шумов.

В качестве детекторов гамма-излучения в установке по обнаружению взрывчатых вещества предполагается использовать сцинтиллятор LYSO (ортосиликат лютеция легированный церием) [3]. Этот сцинтиллятор имеет сходные с BGO характеристики по энергетическому разрешению - от 7% до 11% по линии 662 кэВ. Плотность и эффективный атомный номер кристаллов LYSO также близки к характеристикам кристаллов BGO и, соответственно, сцинтилляторы LYSO имеют близкую, хотя и несколько большую, эффективность регистрации по сравнению с кристаллами BGO.

Передний фронт нарастания LYSO кристалла равен 15 нс, если учесть, что он должен быть больше $5 \cdot T_s$, отсюда делаем вывод что частота дискретизации должна быть не менее 500 МГц, а желательно выше.

При моделировании временного разрешения примем следующие условия: соотношение сигнал/шум –30дб; задержка для метода ARC-CFD – 9нс; длительность переднего фронта сигнала – 15нс; постоянная спада – 40нс; коэффициент пропускания прямого сигнала – 0,25 (для обработки в цифровой форме удобны числа кратные 2). Используем 10 000 отсчетов моделирования, применяем сглаживание методом скользящего среднего по 12 точкам, так как увеличение количества точек сглаживания до 15 приводит к сдвигу положения пика временного разрешения при уменьшении фронта входного сигнала до 13 нс. Цель – временное разрешение не хуже 100 пс (пространственное разрешение).

При моделировании цифровой обработки сигналов с гамма-детектора на базе LYSO кристалла путем оцифровки сигналов 12 разрядным дигитайзером для определения энергии гамма кванта после определения времени прихода события примем следующие условия: 12 разрядный дигитайзер работает на частоте 5ГГц, определение энергии гамма кванта двумя способами максимального значения сигнала от детектора после сглаживания и определение площади сигнала от детектора после сглаживания.

Суммарные выводы по результатам моделирования цифровой обработки сигналов в среде MatLab определения временного и электронного разрешения гамма детекторов на основе LYSO сцинтилляторов для использования в установках работа-

ющих по методу меченного нейтрона и оцифровки 12 разрядным быстродействующим дигитайзером:

- Применение 12 разрядного дигитайзера работающего на частоте 1ГГц при цифровой обработке сигналов от гамма квантов при использовании в качестве детектора LYSO сцинтиллятора, при соотношении сигнал/шум 40дБ и сглаживании методом скользящего среднего по 3 точкам используя цифровой метод ARC-CFD позволяет получить временное разрешение FWHM = 40-60нс в динамическом диапазоне сигналов 1:20 и 10% джиттере длительности переднего фронта сигнала. При соотношении сигнал/шум 30дБ временное FWHM = 160нс, что не достаточно.

- Применение дискретизации на частоте 2ГГц нецелесообразно, так как FWHM=40пс при соотношении сигнал/шум 40дБ в этом случае достаточно частоты дискретизации 1ГГц, а при соотношении сигнал/шум 30дБ временного разрешения FWHM=110пс недостаточно.

- Применение 12 разрядного дигитайзера работающего на частоте 5ГГц при цифровой обработке сигналов от гамма квантов при использовании в качестве детектора LYSO сцинтиллятора, при соотношении сигнал шум 30дБ и сглаживании методом скользящего среднего по 12 точкам используя цифровой метод ARC-CFD позволяет получить временное разрешение FWHM = 70-80нс в динамическом диапазоне сигналов 1:20 и 10% джиттере длительности переднего фронта сигнала.

- Метод определения энергии гамма квантов по максимальному значению сигнала не чувствителен к вариации времени нарастания сигнала и постоянной спада. Выбор частоты дискретизации 1ГГц или 2ГГц или 5ГГц осуществляется исходя из задачи получения временного разрешения.

- В общем случае для практических целей достаточно использовать метод определения энергии гамма кванта по максимальному значению сигнала при рабочих соотношения сигнал/шум 30-40дБ. При этом точность определения амплитуды FWHM составит не хуже 1%, а ожидаемое FWHM детектора на основе LYSO сцинтилляторов не лучше 3%. для энергии 4 МэВ.

- Применение метода определения подсчета интегрального значения в пределах длительности переднего фронта 15нс+постоянная времени спада 40нс дает высокую точность, но она избыточна - электронное FWHM на уровне 0.3% при соотношения сигнал шум 30 дБ и частоте дискретизации 1ГГц, так как реальное амплитудное разрешение детектора на основе LYSO сцинтилляторов не лучше 3%. для энергии 4 МэВ.

- Результаты моделирования показывают, что требуется использование 12 разрядного дигитайзера, работающего на частоте 5ГГц для достижения временного разрешения не менее 100пс.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России, Соглашение №075-02-2018-260 от 26.11.2018 г., уникальный идентификационный номер проекта RFMEFI60718X0200.

Список литературы:

1. <http://test.vniia.ru/ng/element.html>
2. [http://www.euritrack.org/Anglais/Tagged%20Neutron%20Inspection%20System%20\(TNIS\)%20development.pdf](http://www.euritrack.org/Anglais/Tagged%20Neutron%20Inspection%20System%20(TNIS)%20development.pdf)
3. <https://www.crystals.saint-gobain.com/sites/imdf.crystals.com/files/documents/lyso-material-data-sheet.pdf>
4. В.А. Соловей, А.С. Федорова “Моделирование цифрового трансверсального фильтра с формой импульсной характеристики CUSP с линейным фронтом” Препринт ПИЯФ 2904, 2012 – 48 стр.

**PROJECT OF DIGITAL INSTRUMENTS FOR THE DETECTION
OF EXPLOSIVES, NUCLEAR FISSILE MATERIALS AND OPERATING
BY THE TAGGED NEUTRON METHOD**

I.G. Vavilova¹, V.A. Solovei¹, A.S. Fedorova¹, Yu.K. Kolobov².

¹*PNPI NRC KI*

²*Inc. "STC "RATEC"*

Abstract

Using a 12-bit digitizer running at 5GHz with a signal or noise 40dB at 5GHz signal to noise ratio of 30 dB with ARC-CFD method allows you to get a temporal resolution of FWHM 70-80ns in the dynamic range of signals 1:20 and 10% jitter of the length of the leading edge of the signal, respectively. Electronic amplitude resolution FWHM in any case be less than 1%. Modeling was performed by use of LYSO scintillator as gamma detector. Simulation results show that it requires the use of a 12-bit digitizer operating at a frequency of 5 GHz to achieve a temporal resolution of at least 100 ps. Modeling was made in mathematical computing software MatLab.

Main results:

- Application of a 12-digit digitizer operating at a frequency of 5 GHz for digital processing of signals from gamma quanta using a scintillator as a LYSO detector, with a ratio of signal noise of 30 dB and smoothing using a moving average method of 12 points using the digital method ARC-CFD allows you to temporarily FWHM resolution = 70-80ns in the dynamic range of 1:20 signals and 10% jitter of the rise front of the signal.

- The method of determining the energy of gamma quanta by the maximum signal value is not sensitive to the variation of the signal rise times and constant decay. The choice of the sampling rate of 1 GHz or 2 GHz or 5 GHz is made on the basis of the problem of obtaining a time resolution.

- In general, for practical purposes, it is sufficient to use the method of determining the energy of a gamma quantum by the maximum value of a signal with a working signal-to-noise ratio of 30-40 dB. Moreover, the accuracy of determining the amplitude of the FWHM is no worse than 1%, and the expected FWHM of the detector based on LYSO scintillators is not better than 3%. for energy 4 MeV.

- Application of the method of determining the calculation of the integral value within the front edge duration of 15ns + the decay time constant of 40ns gives high accuracy, but it is redundant - the electronic FWHM is at the level of 0.3% with a signal-to-noise ratio of 30 dB and a sampling frequency of 1 GHz, since the real amplitude-resolution detector based on LYSO scintillators no better than 3%. for energy 4 MeV.

СТОЙКИЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ ЗАГРЯЗНИТЕЛИ В МИГРИРУЮЩИХ ВИДАХ РЫБ НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА

Ю.И. Варакина¹; Д.Е. Лахманов¹; А.С. Аксенов¹; Е.А. Веселкина¹

¹Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова, Архангельск, 163002, Россия, e-mail: yu.varakina@narfu.ru

Арктическая зона РФ является одним из основных реципиентов загрязнения многих стойких токсичных веществ, которые наносят серьезную угрозу здоровью человека и окружающей среде. Из-за длительного эффекта действия таких загрязнителей необходимым является постоянный системный контроль с целью выявления тенденций и закономерностей.

Трансграничное распространение стойких органических загрязнителей (СОЗ) осуществляется не только путем атмосферного переноса, речными и океаническими течениями, но и в значительной степени связано с переносом этих веществ мигрирующими видами птиц, рыб и животных. За счет своих физико – химических параметров приоритетные загрязнители способны накапливаться в арктических пищевых цепях, что может нести потенциальную угрозу здоровью человека в Арктике [1].

Одним из ключевых районов исследования выбран Ненецкий автономный округ (НАО). Во – первых, в виду географического расположения данный регион расположен на востоке АЗРФ, омывается Белым, Баренцевым и Карским морями, и имеет уникальное животное и этническое многообразие. Во – вторых, на территории НАО сохранились традиционные способы добычи пищи, такие как рыболовство, охота, морской и зверобойный промысел [1]. В – третьих, опыт реализации крупных международных проектов по близким направлениям научных исследований. Например, в пос. Красное, Индига, Нельмин-Нос, еще в 2000-х годах были получены первые данные о содержании стойких загрязняющих веществ в крови жителей, а также традиционных продуктах питания животного происхождения [2-6].

В качестве анализируемых приоритетных веществ были взяты такие стойкие органические загрязнители как полихлорбифенилы (ПХБ) и хлорорганические пестициды. Данные вещества могут десятилетиями сохраняться в объектах окружающей среды. Опасность пестицидов связана с их высокой устойчивостью к биодеградации и высокой миграционной способностью [7,8]. Проходя по пищевым цепям, пестициды и ПХБ могут попадать в организм человека. Помимо этого, многие хлорорганические пестициды и ПХБ являются высокотоксичными веществами и оказывают сильно выраженный эффект на здоровье населения [7, 9].

В таблице 1 представлен перечень исследуемых экотоксикантов и их токсикологическое действие.

Биологические образцы рыб были отобраны традиционным способом используемым местным населением в ключевых населенных пунктах НАО, согласно рисунку 1. В ходе работы были проанализированы 32 биологических образца рыбы, относящиеся к таким видам, как щука (*Esox lucius*), горбуша (*Oncorhynchus gorbuscha*) и арктический голец (*Salvelinus alpinus*).

Первичная пробоподготовка проб осуществлялась согласно общепринятой методике [10]. Пробы рыбы разделявали, отделяли мышцы и внутренние органы, при необходимости гомогенизировали. Все отбираемые компоненты помещались в стерильные контейнеры и замораживались. Перед анализом образцы лиофильно высушивались и определялась их влажность [10,11].

Перечень анализируемых экотоксикантов

Группа	Название	Токсикологическое действие
Пестициды	Производные ДДТ: 4,4-ДДЕ 4,4'-ДДТ 2,4-ДДЕ	Воздействие на центральную нервную систему на рецепторы кожи мышц и т.д. Оказывает негативное воздействие на эмбрион, вызывает нарушение кровообращения, нарушение работы внутренних органов и головного мозга. Токсическая доза составляет 6-15 мг/кг. Смертельная доза-70-85 мг/кг.
	Гексахлорбензол	Выраженное влияние на печень, центральную нервную и сердечно-сосудистую системы. Нарушает порфириновый обмен, обладает кумулятивным эффектом. Токсическая доза 0,0005 -0,1 мг/л. ПДК 0,9 мг/л.
Пестициды	γ-ГХЦГ (Линдан)	Оказывает влияние на нервную систему, поражает кроветворную систему (лейкемия и анемия), накапливается главным образом в жировой ткани. Вызывает индукцию ферментов печени, усиливающих метаболизм самого изомера и других соединений. Вызывает токсическое поражение сердечной мышцы и почек. Токсическая доза составляет 0,003 до 0,25 мг/л.
	Производные Хлордана: Ноахлор-транс Ноахлор-цис	Сильнодействующее ядовитое вещество, поражает центральную нервную систему и внутренние органы, особенно печень и почки. Обладает кумуляцией в основном в жире. ПДК составляет 0,01 мг/м ³
	Гептахлор	Резкое негативное влияние на нервную систему. Токсикологическое действие на внутренние органы и систему. Всасывается через кожу, обладает высоко кумулятивными свойствами. ПДК 0,01 мг/л.
	Альдрин	Сильнодействующее ядовитое вещество. Поражает внутреннюю систему и внутренние органы (печень, почки). ПДК 0,01 мг/л.
	Мирекс	Негативное влияние на репродуктивную функцию живых организмов. Накапливается преимущественно в жировой ткани.
	Полихлорбифенилы	ПХБ-28 ПХБ-52 ПХБ-101 ПХБ-123 ПХБ-118 ПХБ-153 ПХБ-105 ПХБ-138 ПХБ-183 ПХБ-128 ПХБ-180



Рис. 1. Карта мест отбора биологических образцов рыб в Ненецком автономном округе.

Определение видовой принадлежности и анатомо-морфологических характеристик (вес, возраст, длина тела), осуществлялось согласно общепринятых методик [11].

Химический анализ осуществлялся в лаборатории арктического биомониторинга САФУ с использованием оборудования ЦКП НО «Арктика» при финансовой поддержке Минобрнауки РФ (уникальный идентификатор работ RFMEFI59414X0004).

Содержание СОЗ определяли с помощью газового хроматографа Agilent 7890А с масспектрометром Agilent 7000 высокочувствительным и селективным методом газовой хромато-масс-спектрометрии (ГХ-МС), с использованием экстракции Quechers [12] и методом очистки EMR-Lipid.

Все анализируемые образцы (пробы рыб) были исследованы на содержание опасных загрязнителей согласно перечня веществ, представленного в таблице 1. Результаты анализов представлены в таблице 2.

Согласно полученным данным можно сделать выводы, что содержание стойких органических загрязнителей (СОЗ) в пробах тканей рыб не превысило значения 2,5 нг/г сырого веса, в большинстве образцов содержание СОЗ было меньше предела количественного обнаружения. Анализ проведенных исследований показал, что содержание СОЗ в мышечной ткани рыб территории НАО коррелирует с содержанием жира. Так, для горбуши, арктического гольца характерна биоаккумуляция гексахлорбензола, 4,4'-ДДЕ, ПХБ-138 и 153.

Эта работа была выполнена при финансовой поддержке Правительства РФ в соответствии с постановлением от 09.04.2010 № 220 (договор от 14.03.2017 № 14.Y26.31.0009).

Содержание пестицидов и полихлорированных бифенилов
в образцах рыб, нг/г сырого веса

Вид	ПКО	Щука (Ненецкий АО) (<i>Esox lucius</i>) Возраст ≈ 7 лет n = 7		Горбуша (Ненецкий АО) (<i>Oncorhynchus gorbuscha</i>) Возраст ≈ 1 год n = 12		Арктический голец (Ненецкий АО) (<i>Salvelinus alpinus</i>) Возраст ≈ 4,5 года n = 13	
		нг/г сырого веса					
Вещество		Min	Max	Min	Max	Min	Max
Гексахлорбензол	0,30	-*	0,45	0,72	1,11	0,66	1,14
γ-ГХЦГ (Линдан)	0,25	-	-	-	-	-	-
ПХБ-28	0,22	-	-	-	0,4	-	0,4
Гептахлор	0,50	-	-	-	-	-	-
ПХБ-52	0,27	-	-	-	0,41	-	0,33
Альдрин	0,5	-	-	-	-	-	-
2,4-ДДЕ	0,35	-	-	-	-	-	-
ПХБ-101	0,76	-	-	-	-	-	-
Нонахлор-транс	1,20	-	-	-	1,33	-	-
4,4-ДДЕ	0,50	-	0,6	0,77	2,31	0,54	2,25
∑ПХБ-123, 118	0,60	-	-	-	-	-	-
Нонахлор-цис	1,00	-	-	-	-	-	-
ПХБ-153	0,27	-	0,35	-	0,82	-	1,6
ПХБ-105	0,70	-	-	-	-	-	-
4,4-ДДТ	1,60	-	-	-	-	-	-
ПХБ-138	0,40	-	-	0,44	0,86	-	1,82
ПХБ-183	0,85	-	-	-	-	-	-
ПХБ-128	1,30	-	-	-	-	-	-
ПХБ-180	0,50	-	-	-	-	-	-
Мирекс	0,18	-	-	-	-	-	-

Список литературы:

1. Трансформации традиционного образа жизни и питания коренного населения ненецкого автономного округа [Электронный ресурс] / Мурашко, Даллманн // Вестник Московского университета. Серия 23. Антропология. — 2011. — №4. — С. 5-25. — Режим доступа: <https://rucont.ru/efd/480077>
2. Reindeer Herders Without Reindeer. The Challenges of Joint Knowledge Production on Kolguev Island in the Russian Arctic, *Society & Natural Resources*, 32:3, 338-356
3. Project Implementation Unit 2006a. ECORA Project. Semi-Annual Progress Report. Summary and Selected Chapters. Vol. 4. Arendal.
4. Rouillard, R. 2013. Nomads in a petro-Empire: Nenets reindeer herders and Russian oil workers in an era of flexible capitalism. Montreal, Quebec: McGill University.
5. Kurvits, T., E. Kuznetsov, and T. S. Larsen. 2009. ECORA: an integrated ecosystem management approach to conserve biodiversity and minimize habitat fragmentation in the Russian Arctic. CAFF technical report no. 19. Akureyri: CAFF International Secretariat.

7. AMAP Assessment 2015: Human health in the arctic, ISBN-978-82-7971 093-6, Arctic Monitoring and Assessment Program (AMAP), Oslo, Norway, (www.amap.no).
8. Bouyekhf R. Stabilization and regulation of class of non-linear singularly perturbed discrete-time systems / R. Bouyekhf, A. El-Moudni // Journal of Franklin Institute. – 1998. – Vol. 335B. – P. 963 – 982.
9. Waid J.S. 1987. PCBs and the Environment, Vols. Z-III. CRC Press, BocaRaton, FL.
10. ГОСТ 1368-2003 Рыба. Длинаимасса.- Москва: Изд-во Стандартиформ, 2010. – 14 с.
11. Никулин, Р.Ю. Морфологическая характеристика щуки (*Esox lucius*) реки Кубань [Текст] / Р.Ю. Никулин, Д.В. Шумейко // Сельскохозяйственные науки и агропромышленный комплекс на рубеже веков. –2016. – № 15. – С. 98–103.
12. Anastassiades M., Lehotay, S. J., Stajnbaher D., Schenck, F. J. Fast and easy multi-residue method employing acetonitrile extraction/partitioning and “dispersive solid-phase extraction” for the determination of pesticide residues in produce // Journal of AOAC International, 2003, 86, 412-431.
13. Lehotay S. J., SonbK. A., KwonbH., KoesukwiwataU., Fud W., MastovskaaK., HohaE., LeepipatpibooncN. Comparison of QuEChERS sample preparation methods for the analysis of pesticide residues in fruits and vegetables //Journal of Chromatography A., 2010, 1217, 2548-2560.

**PERSISTENT ORGANIC POLLUTANTS IN MIGRATORY FISH
IN THE NENETS AUTONOMOUS DISTRICT**

Yu.I. Varakina¹; D.E. Lakhmanov¹; A.S. Aksenov¹; E.A. Veselkina¹

*¹Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov
Arkhangelsk, 163002, Russia, e-mail: yu.varakina@narfu.ru*

Abstract

The article presents the results of studies on the content of persistent organic pollutants in pike, humpback salmon and Arctic char of the Nenets region. It is established that in the muscle tissue of fish in the Pechora basin (Nenets Autonomous District) used in the traditional nutrition of residents, the content of persistent organic pollutants (POPs) did not exceed the value of 2.5 ng / g wet weight.

ТЕХНОГЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ КРЫМА И ЕГО ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ЗДОРОВЬЕ МЕСТНОГО НАСЕЛЕНИЯ

Г.К. Васильева¹; Г.Е. Рубашко¹; Е.В. Евстафьева²

¹*Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
г. Пущино Московской обл., e-mail: gkvasilyeva@rambler.ru*

²*Медицинская академия им. С.И. Георгиевского ФГАОУ ВО «Крымский
федеральный университет им. В.И. Вернадского», г. Симферополь*

В конце лета 2018 г. на Севере Крыма произошла экологическая катастрофа. В г. Армянске и его окрестностях наблюдался выброс неизвестных загрязняющих веществ, который привел к ухудшению здоровья населения, повреждению металлоконструкций, преждевременному листопаду и угнетению хвойных. Зимой 2019 г. ситуация несколько улучшилась, но полностью не нормализовалась.

Данная работа посвящена описанию результатов изучения возможных причин экологической обстановки, сложившейся в этом регионе. Исследования были инициированы жителями г. Армянска и выполнены в ИФХиБПП РАН. Полученные результаты сравнили с результатами исследований 1990-2000 гг. по изучению влияния техногенного загрязнения в этом же регионе, проведенных КГМУ им. С.И. Георгиевского при участии лаборатории Прикладной геохимии УкрГИМР и Республиканского комитета по экологии и природных ресурсов Крыма.

На Севере Крыма в 12 км от г. Армянска имеется промзона, объединяющая несколько химических предприятий. Наиболее крупным из них является ЗАО «Крымский Титан» (ранее КПО "Титан"), введенный в строй в 1971 г. Еще там действуют Сивашский анилино-красочный, Перекопский бромный и Крымский содовый заводы. В течение десятков лет сточные воды заводов, содержащие серную кислоту и другие загрязнители, после обработки на очистных сооружениях сбрасывались в кислотонакопитель. Его роль все это время выполняла часть Сивашского залива площадью 42 км², отгороженная дамбой от его основной части.

После закрытия Северо-Крымского канала в 2014 г. в г. Армянске и окрестностях стал периодически ощущаться запах с кисловатым привкусом, но с 24 августа 2018 г. ситуация резко ухудшилась. Резкий запах стал появляться практически ежедневно (обычно ранним утром). У некоторых жителей это вызывало кашель, вплоть до кровавых выделений, рвоту, раздражение кожи и глаз, а также аллергические реакции и расстройство стула. Металлические предметы в городе (опоры ЛЭП, трубопроводы, крыши и заборы частных домов) и даже в квартирах домов покрылись ржавым налетом, а автотранспорт подвергся коррозии. На тротуарах и проезжей части периодически появлялась маслянистая пленка, которая увеличивала тормозной путь и с трудом смывалась большим количеством воды. Листья на деревьях пожелтели и осыпались. В сентябре 2018 г. после объявления чрезвычайной ситуации, работа з-да «Крымский Титан» была остановлена на 2 недели, а детей на 1 месяц вывезли из зоны бедствия. Несмотря на остановку завода, отрицательные явления продолжались, хотя и в меньшей степени. В зимне-весенний период, особенно после заполнения кислотонакопителя водой из пробуренных артезианских скважин, кислотные выбросы стали слабее, однако до сих пор экологическая обстановка в регионе остается напряженной.

Сводки УГМС Росгидромета Крыма в начале осени 2018 г. и в последующее время сообщали о периодическом превышении в воздухе населенных пунктов Армянско-Красноперекопского района допустимого уровня некоторых газообразных веществ. В начале сентября по ряду вредных веществ - до 5 ПДК, а по SO₂ и HCl до

9-11 ПДК, что явилось причиной объявления Чрезвычайного положения. Официальная версия объясняет причины сложившейся ситуации недостаточным водоснабжением и аномально жаркой погодой, которая привела к испарению вредных газообразных веществ с водной поверхности кислотонакопителя.

В институте ИФХиБП РАН и сертифицированной лаборатории «Тест-Пушино» был проведен предварительный анализ образцов верхнего 5-см слоя проб почвы и почвогрунтов, травы и листового опада, отобранных в г. Армянске, с. Перекоп и Волошино в августе-ноябре 2018 г. Образцы анализировали методами рентгенфлуоресцентного анализа, ИК-спектроскопии, а также методом атомно-абсорбционной спектрометрии с электротермическим анализатором.

Результаты анализов показали, что в почве, траве, листе кустарников и деревьев присутствуют повышенные концентрации ряда тяжелых металлов (Fe, Zn, Ce, Cu, Zr, Mn, V, Cs, Mo, Al и др.) а также Si, P, S, As и Cl. Содержание некоторых элементов в почвах в несколько раз превышает фоновый уровень для этих объектов в данном регионе. В особенно высоких концентрациях присутствуют тяжелые металлы Fe, Mn, Sr, V, Zr, Ti, Ni, а также обнаруживаются повышенные концентрации Al, Br, Ba, Mg, Cl, Zn. В растениях концентрации Fe были в 3-16 раз, а Zn - в 3-5 раз выше нормы (ГСО 8869-2007).

Аналогичные поллютанты обнаружены в водопроводной воде, выдержанной в начале сентября в пластиковой емкости на открытой местности в течение 3 суток, а также в конденсате, собранном с поверхности пластикового сайдинга в ранние утренние часы. При этом концентрации Mn, Zn, Fe, Ni, Cu, Al и Cl в водопроводной воде резко повысились, а концентрации Mn и Fe превысили ПДК для питьевой воды в 10 и 4 раза, соответственно. Концентрации всех элементов в конденсате примерно на 2 порядка превышали их концентрации в воде из емкости, но в обоих объектах эти величины тесно коррелировали между собой. При этом концентрации большинства элементов в почвах, растительном материале, водных образцах, включая конденсат, тесно коррелировали друг с другом и с их содержанием в осадке из кислотонакопителя.

Эти данные указывают на вероятное загрязнение объектов окружающей среды в г. Армянске и окрестностях вследствие атмосферных выпадений аэрозолей, содержащих соли тяжелых металлов и другие поллютанты. Возможно, основным источником этих выпадений осенью 2018 г. до момента заполнения накопителя была ветровая эрозия осадка с пересохшей поверхности кислотонакопителя (около 500 м²) и перенос образующихся аэрозолей на большие расстояния.

Нельзя исключить еще один путь миграции элементов в результате соиспарения солей вместе с водяным паром с водной поверхности обмелевшей части кислотонакопителя. Известно, что некоторые хлориды, в частности FeCl₃, SiCl₄, AsCl₃ и другие, обладают способностью улетучиваться вместе с парами воды. При этом процесс усиливается с повышением кислотности и солености воды, а также ее температуры. Все эти явления могут наблюдаться на обмелевших участках кислотонакопителя, где температура в летнее время достигает 50-60°C. Хотя сами газы (HCl, SO₂ и др.) также могут испаряться с поверхности воды, однако вклад этого процесса в загрязнение атмосферы, вероятно, менее значимый.

Другим источником загрязнения объектов окружающей среды в г. Армянске и окрестностях могут быть газопылевые выбросы из заводских труб. Практически постоянно из труб завода «Крымский титан» вырывается белый дым, который быстро меняет цвет на темно-серый и далее распространяется на большие расстояния вплоть до г. Армянска или других территорий в зависимости от направления ветра.

Как показали результаты анализов, одним из основных компонентов в аэрозольных атмосферных выпадениях является хлорид железа - FeCl₃. Высокие концентрации этой соли обнаружены и в сухом осадке кислотонакопителя, куда он мог посту-

пать вместе со сточными водами завода «Титан» или Бромного завода. Присутствие FeCl_3 наряду с другими элементами в аэрозольных выбросах подтверждается также данными электронной спектроскопии листового опада, полученными специалистами Томского Государственного Политехнического Университета. На электронных фотографиях поверхности листьев четко видны мелкие частицы с повышенным содержанием Fe, Cl, Si и Mn.

Железо является основным побочным продуктом технологии выделения окиси титана из ильменитовой руды. Помимо титанистого железа (общая химическая формула $\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$ или FeTiO_3) в ней присутствуют примеси других минералов, содержащих Mg, Al, Si, Mn, V, Na, P и S. При получении окиси титана значительная часть железа вместе с другими элементами и используемыми в технологии кислотами поступает в окружающую среду в виде жидких отходов или попадает в атмосферу с газопылевыми выбросами.

Известно, что хлорид железа (III) может образовывать гексагидрат ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), имеющий желтовато-зеленоватую окраску, а концентрированный раствор соли в воде образует гель. В воде FeCl_3 гидролизуется с образованием $\text{Fe}(\text{OH})_3$ и HCl , а водный раствор имеет сильноокислую реакцию (рН 1). Поэтому хлорид железа используют для протравливания поверхности металлов. Из паспорта безопасности FeCl_3 следует, что эта соль является токсичным, высоко коррозионным соединением. Соединения железа (III) действуют прижигающе на пищеварительный тракт человека и животных, вызывают рвоту. При воздействии FeCl_3 на кожу или проглатывании возникают аллергические реакции, тошнота, рвота, раздражение слизистых, глаз, сердечная аритмия и поражение печени и почек [1]. Все эти симптомы наблюдались осенью 2018 г. у жителей Армянска и возобновились весной 2019 г.

Присутствие в аэрозольных выпадениях значительных количеств хлорида железа может объяснять многие явления, наблюдающиеся в импактной зоне химических заводов на Севере Крыма. В частности, это объясняет появление кислого запаха, обычно ранним утром (в точке росы), когда тонкодисперсные частицы аэрозоля взаимодействуют с парами воды и затем конденсируются на холодных поверхностях. При этом в результате гидролиза соли FeCl_3 образуются микрокапли тумана, содержащие концентрированную соляную кислоту, которая может отрицательно влиять на здоровье человека, а также приводить к коррозии металлических поверхностей. Способность FeCl_3 образовывать гели объясняет образование трудно смываемого налета на окрашенных масляной краской стенах в подъездах домов или маслянистой пленки на асфальтовом покрытии.

Таким образом, предварительные исследования показали, что значительное ухудшение экологической обстановки в г. Армянске и его окрестностях в последние десятилетия могло быть связано с загрязнением почвенного и растительного покрова, а также открытых водоемов солями тяжелых металлов и другими опасными элементами. Их поступление в объекты окружающей среды могло происходить преимущественно двумя путями: в виде газопылевых выбросов с поверхности кислотонакопителя или из труб химических предприятий.

В конце лета 2018 г. в результате образования значительной открытой поверхности кислотонакопителя (500 м^2), по-видимому, резко возросла интенсивность ветровой эрозии донных отложений, содержащих высокие концентрации хлорида железа и других солей тяжелых металлов. Это привело к формированию кислотных туманов, вызвавших коррозию металлических предметов и резкое ухудшение здоровья населения, проживающего в импактной зоне. К зиме 2019 г. после затопления пересохшего участка кислотонакопителя первый источник поступления опасных веществ в атмосферу был в основном ликвидирован. Однако со стороны завода «Крымский титан» до сих пор наблюдается постоянный мощный поток газопылевых выбросов, которые распространяются на многие километры. В случае направления ветра с Се-

вера и Северо-Запада пылевые частицы достигают г. Армянска и окрестных сел. Состав газо-воздушных выбросов завода нам пока неизвестен, однако их отрицательное воздействие на здоровье населения и окружающую среду очевидно.

Для более объективной оценки современной ситуации представляло интерес сравнение данных по медико-экологическому исследованию этого региона, выполненному ранее [2]. В 1990 г. ежегодный объем атмосферных выбросов завода «Крымский Титан» достигал 285 тон/год, но к 1999 г. он постепенно снизился примерно до 50 тон/год, что совпало с улучшением показателей здоровья населения. Известно, что индикаторными показателями отрицательного влияния техногенного загрязнения атмосферного воздуха на здоровье людей является заболеваемость дыхательной системы, особенно впервые установленные ее формы (первичное обращение). Такая статистически значимая корреляционная связь между показателями заболеваемости дыхательной системы жителей г. Армянска и уровнем выбросов завода ($r=0,74$, $p<0,01$), а также еще более тесная связь между этим показателем заболеваемости и суммарным уровнем выбросов завода и автотранспорта ($r=0,90$, $p<0,01$) была установлена в 90-е гг. Корреляционная связь между общей заболеваемостью населения и суммарным объемом выбросов была слабее ($r=0,55$, $p<0,10$). При этом уровень заболеваемости дыхательной системы и, в частности, бронхиальной астмой, жителей Армянска до настоящего периода был ниже среднекрымского [2, 3].

Более детальное изучение экологической обстановки и состояния здоровья населения в начале 2000-х гг. было выполнено в селах Перекоп и Филатовка Красноперкопского р-на, находящихся от завода на расстоянии 3 и 12 км соответственно [4]. Химический анализ образцов почв и растениеводческой продукции, отобранных на территории сел, выявил существование протяженных и контрастных аномалий повышенного содержания ряда элементов. Комплексная оценка интенсивности загрязнения почв и почвогрунтов тяжелыми металлами (Hg, Pb, Cd, Cu, P, Cr, Mo, Sb, Sr), а также As и F показала, что значительная часть почв сел Перекоп и Филатовка может быть отнесена к почвам опасного, умеренного и среднеопасного уровней. При этом из тяжелых металлов, имеющих отношение к выбросам завода «Титан», в почве было обнаружено некоторое превышение ПДК для Zn (1,3-2 ПДК) и Cd (1-4 ПДК), а также во всех почвенных пробах обнаружено высокое содержание сульфатов, что может быть связано с использованием серной кислоты при получении титана. Кроме того, в плодоовощной продукции содержание отдельных элементов, приоритетных по влиянию на организм человека (Hg, Cd, Pb, Cu, Zn), было повышенным, а в некоторых образцах (для Cd, Zn, Pb) – выше допустимого уровня.

В результате был сделан вывод о неблагоприятной экологической ситуации на территории обоих сел из-за повышенного содержания в почвах токсичных элементов Cd и Zn. Последнее, по всей видимости, связано с производственной деятельностью находящегося поблизости завода "Титан". Результаты оценки иммунного статуса жителей этих сел свидетельствовали о различных отклонениях от нормы практически у всех обследованных жителей. Тем не менее, такие же изменения наблюдались и у жителей центрального Крыма, а существенных корреляционных связей с содержанием тяжелых металлов в организме не установлено [3, 4].

Таким образом, ни внешние проявления экологического неблагополучия, ни состояние здоровья жителей территорий, находящихся в зоне влияния северных промышленных предприятий Крыма до второго десятилетия 21 в. не давали оснований для особого беспокойства, поскольку выявленные негативные явления не отличались от других территорий, например, г. Симферополя, где ситуация во многих отношениях могла быть расценена как худшая.

Предварительные исследования текущей ситуации показали, что основной причиной обострения экологической обстановки на Севере Крыма в конце лета 2018 г. могло быть загрязнение атмосферы аэрозолями, содержащими хлорид железа и/или

соли других металлов, которые при взаимодействии с водяными парами гидролизуются с образованием концентрированных кислот, обладающих коррозионным действием и оказывающих раздражающее действие на бронхолегочную систему и желудочно-кишечный тракт человека, кожу и слизистую глаз. Образование таких аэрозолей возможно в результате ветровой эрозии с обезвоженных участков кислотонакопителя или в результате газопылевых выбросов из труб завода Крымский Титан. Не исключено и прямое улетучивание солей или кислот с водной поверхности кислотонакопителя в период резкого повышения температуры. Хотя в настоящее время вероятность ветровой эрозии сведена к минимуму, другие источники загрязнения атмосферы в техногенной зоне на Севере Крыма остаются, о чем свидетельствуют жалобы населения на заметное ухудшение здоровья.

Таким образом, сложившаяся в настоящее время ситуация не оставляет сомнений в необходимости проведения системных комплексных исследований в этом регионе для выяснения истинных причин загрязнения атмосферы и оценки риска для здоровья населения на данной территории.

Список литературы:

1. https://www.carlroth.com/downloads/sdb/ru/P/SDB_P742_RU_RU.pdf.
2. Евстафьева Е.В. Здоровье населения в связи с экологической ситуацией. Отчет о научной работе. 2000 г. Ассоциация "Экология и мир". Медико-экологический центр "ЭКОМ". -37 с.
3. Доклад о состоянии и охране окружающей среды на территории Республики Крым в 2015 г. Симферополь: Министерство экологии и природных ресурсов Республики Крым. – 2016 – 292 С.
4. Евстафьева Е.В. Исследование состояния здоровья жителей Северного Крыма. Отчет о научной работе. 2001 г. Ассоциация "Экология и мир". Медико-экологический центр "ЭКОМ". -22 с.

TECHNOGENIC POLLUTION OF THE NORTHERN CRIMEA AND ITS IMPACT ON THE HEALTH OF THE LOCAL POPULATION

G.K. Vasilyeva¹; G.E. Rubashko¹; E.V. Evstafyeva²

¹*Institute of Physical-chemical and Biological Problems in Soil Science, RAS, t. Pushchino, Moscow reg., e-mail: gkvasilyeva@rambler.ru*

²*Medical Academy nm S.I. Georgievski "Krimia Federal University nm. V.I. Vernadsky, t. Simferopol*

Abstract

The main reason for the worsening of the environmental situation in the Northern Crimea at the end of the summer of 2018 could be atmospheric pollution with aerosols containing ferric chloride and/or other salts that, when interacting with water vapor, hydrolyze to form concentrated acids, which reveal a corrosive effect and adversely effect on human bronchopulmonary and gastro enteric system. The formation of such aerosols could be as a result of wind erosion from the dried areas of an acid storage or gas and dust emissions from the "Krymsky Titan" plant. Although at present the wind erosion is minimized, other sources of air pollution in the Northern Crimea technogenic zone remain, as evidenced by a noticeable deterioration in the health of the local population. Thus, the current situation demands systematic comprehensive studies in this region to determine the true causes of air pollution and assess the risk to public health in the area.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТАМИ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ ЮЖНОГО САХАЛИНА

А.А. Ведерникова, Т.Г. Коренева, Е.М. Латковская

*Сахалинский филиал ФГБНУ «Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии» («СахНИРО»),
г. Южно-Сахалинск, 693023, РФ, e-mail: a.vedernikova@sakhniro.ru*

Охотское и Японское моря у берегов южного Сахалина богаты запасами водных биоресурсов (ВБР) [1-4]. В то же время, прибрежная зона подвержена активному антропогенному воздействию. Загрязнение прибрежных морских экосистем нефтепродуктами (НП) ухудшает качество среды обитания и воспроизводства ВБР.

Цель работы – оценка состояния морских вод (МВ) и донных отложений (ДО) на прибрежных полигонах в Японском море (Татарский пролив), Охотском море (зал. Анива, зал. Мордвинова) по содержанию нефтепродуктов.

Карта-схема района работ приведена на рисунке 1, координаты полигонов и периоды работ представлены в таблице 1.

Таблица 1

Описание полигонов и периоды отбора проб

Водный объект	Полигон	Координаты	Период наблюдений
Татарский пролив ¹	Антоново	47.08,469 с. ш., 142.03,267 в. д.	март 2011 – декабрь 2016
		47.08,469 с. ш., 142.02,323 в. д.	
	Шебунино	46.32,399 с. ш., 141.48,554 в. д.	
		46.32,399 с. ш. 141.48,437 в. д.	
Люблино	46.55,288 с. ш., 141.59,769 в. д.	февраль 2013 г. – декабрь 2016 г	
	46.55,288 с. ш. 141.59,683 в. д.		
зал. Анива ²	Таранай	46.37,341 с. ш., 142.26,108 в. д.	февраль 2015 г. – ноябрь 2016 г.
	Аракуль	46.34,180 с. ш., 143.13,188 в. д.	
	Пригородное	46.37,382 с. ш., 142.52,596 в. д.	
	Буссе	46.30,374 с. ш., 143.18,208 в. д.	
зал. Мордвинова ³	Охотское	46.48,127 с. ш., 143.17,128 в. д.	

¹Пробы МВ в подповерхностном горизонте отбирали на двух станциях каждого полигона: 1 м от уреза воды, глубина 0,5 м; 250 м от уреза воды, глубина 1 м.

^{2, 3}Пробы МВ в подповерхностном горизонте отбирали на одной станции 1 м от уреза воды, глубина 0,5 м.

^{1, 2, 3}Пробы верхнего слоя ДО отбирали на каждом полигоне в 1 м от уреза воды.

Содержание НП в МВ (мг/дм³) и ДО (мкг/г сух. массы) определяли флуориметрическим методом [5-6]. Всего с 2011 по 2016 гг. было отобрано 452 пробы МВ и 232 пробы ДО. Исследования проводили в аккредитованной лаборатории Сахалинского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («СахНИРО»).

Для характеристики уровня загрязнения МВ нефтепродуктами использовали ПДК для вод рыбохозяйственного значения – 0,05 мг/дм³ [7]. Степень загрязнения ДО оценивали по "голландским листам", согласно которым, допустимая концентрация (ДК) НП составляет 50 мкг/г [8].

Диапазон и средние значения концентраций НП представлены в таблице 2, средние концентрации НП по годам – на рисунке 2.

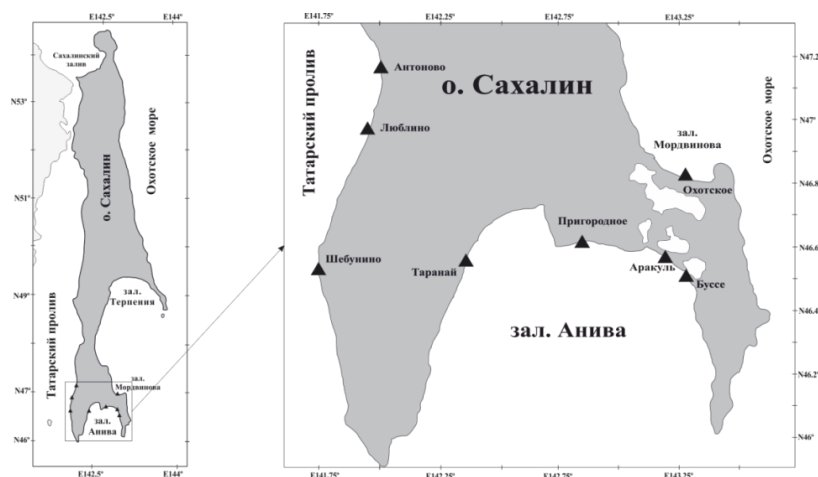


Рис.1. Карта-схема района работ и расположение полигонов

Таблица 2

Диапазон и средние (в скобках) значения содержания НП в МВ, мг/дм³, и в ДО, мкг/г сух. массы, 2011–2016 гг.

Участок работ	НП, мг/дм ³	НП, мкг/г сух. массы
Антоново	<0,005–0,222(0,020)	6–149(37)
Люблино	<0,005–0,19(0,015)	13–348(40)
Шебунино	<0,005–0,13(0,013)	< 5–44(9)
Таранай	<0,005–0,023(0,011)	< 5–30(7)
Пригородное	<0,005–0,019(0,009)	< 5–47(12)
Аракуль	<0,005–0,029(0,010)	< 5–17(5)
Буссе	<0,005–0,021(0,010)	< 5–115(13)
Охотское	<0,005–0,072(0,014)	< 5–18(5)
В целом по всем станциям	<0,005–0,222(0,016)	< 5–348(20)

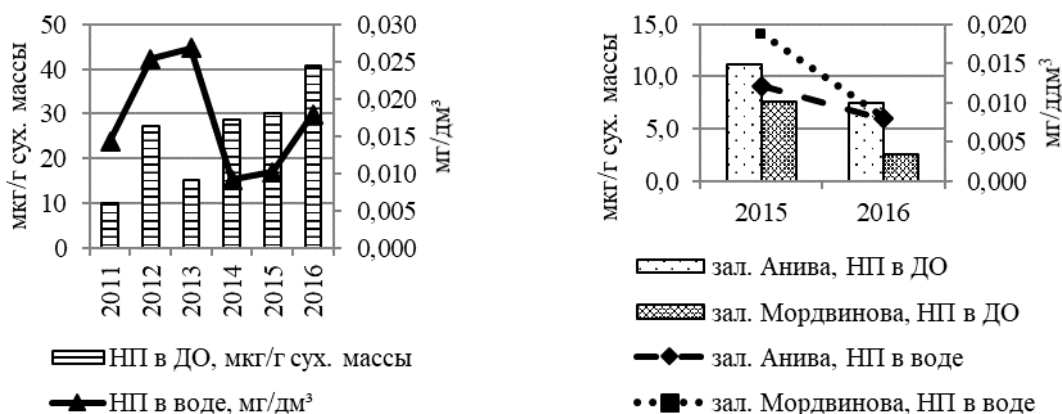


Рис. 2. Средние значения концентраций НП в МВ и ДО: у юго-западного (Татарский пр.) (а), южного (зал. Анива) и юго-восточного (зал. Мордвинова) Сахалина (б).

Татарский пролив. Содержание НП в МВ изменялось в диапазоне <0,005 – 0,222 мг/дм³ и увеличивалось с юга на север, что может быть связано с более высокой антропогенной нагрузкой в Антоново по сравнению с другими полигонами. Межгодовые колебания средних значений параметра были незначительными (0,009-0,027 мг/дм³) (рисунок 2). Сезонная динамика указывает на повышение значений ранней весной и летом, что совпадает в первом случае с периодом таяния снега и льда, во втором – с периодом активной хозяйственной деятельности.

По литературным данным содержание НП в МВ Татарского пролива в районе г. Горнозаводска, Невельска и Холмска с 1988 по 1996 гг. находилось в интервале 0,00-0,39 мг/дм³ [9]. После аварии танкера "Надежда" (2015-2016 гг.) в этом районе наблюдался резкий рост концентраций НП – 0,31-18,9 мг/дм³, а на удаленных станциях значения были невысокими – 0,005-0,032 мг/дм³ [10].

Содержание НП в ДО находилось в диапазоне <5–348 мкг/г, составляя в среднем 27 мкг/г, максимум отмечен в феврале 2016 г. в Люблино. Сезонные колебания среднего содержания НП в ДО в исследованный период, незначительны – от 17 до 31 мкг/г с максимальными значениями в июне и ноябре, что отражает процессы депонирования НП из воды. Исключение составляет февраль, когда величина параметра составила 57 мкг/г, что обусловлено двумя высокими значениями в Антоново (2012 г.) и Люблино (2016 г.) – 149 и 348 мкг/г соответственно.

Согласно предыдущим исследованиям, в 2001 г. содержание НП в ДО в районе г. Холмска находилось в диапазоне <0,50-527 мкг/г, среднее значение достигало 247,60 мкг/г [11]. В районе г. Александровска-Сахалинского, в 2006-2015 гг. средние значения концентраций НП в ДО находились в диапазоне 11-28 мкг/г, максимум составил 112 мкг/г [12]. После аварии танкера "Надежда" (2015-2016 гг.) на загрязненных участках содержание НП в ДО изменялось в диапазоне 197-291 мкг/г, а на удаленных от места аварии станциях от <5 до 15 мкг/г [10].

Залив Анива. Содержание НП в МВ – <0,005 – 0,029 мг/дм³, среднее – 0,010 мг/дм³. Пространственная и сезонная изменчивость в среднем была невыраженной. Среднегодовые значения концентраций НП в МВ снижались от 2015 г. к 2016 г.

Полученные данные о содержании НП в водах зал. Анива, находятся чуть ниже значений, полученных ранее. Так, в 1988-1990 гг. в бухте Лососей значения концентраций НП в среднем составили 0,02-0,05 мг/дм³, а в зал. Анива – 0,04-0,12 мг/дм³. После аварии на нефтебазе г. Корсакова в 1991 г. загрязнение МВ НП резко увеличилось до 2,17 мг/дм³ (зал. Анива) и 0,58 мг/дм³ (бухта Лососей) [9]. В 2003 и 2009 гг. в зал. Анива отмечено снижение содержания НП до 0,010 и 0,018 мг/дм³, соответственно [13, 14].

Загрязнение ДО НП находилось на уровне от <5 до 115 мкг/г, в среднем – 9 мкг/г. Сезонные колебания на полигонах Аракуль, Пригородное и Таранай были более выраженными в 2015 г., максимумы в основном пришлись на осенний период. На полигоне Буссе пик значений пришелся на июнь 2016 г.

Полученные нами данные согласуются с литературными: в 2001 г. в зал. Анива содержание НП в ДО в среднем составляло – 4,02 мкг/г [11], в 2006-2015 гг. в районе г. Корсакова от 107 до 304 мкг/г, а у пос. Пригородного от 8 до 28 мкг/г [12].

Залив Мордвинова. Содержание НП в МВ – <0,005 – 0,072 мг/дм³, среднее – 0,014 мг/дм³. Максимум отмечен в ноябре 2015 г. Среднегодовые значения выше в 2015 г. Сезонные максимумы были ярко выражены в августе и ноябре 2015 г.

Концентрации НП в ДО были невысокими (< 5 – 18 мкг/г), в среднем составляли 5 мкг/г, максимум отмечен в октябре 2015 г. В среднем значения показателя были выше в 2015 г. Сезонные колебания параметра отмечены пиками значений летом и осенью 2015 г. Полученные данные ниже литературных (в среднем 18-143 мкг/г, в 2006-2015 гг.) [12].

Проведем оценку уровня загрязнения НП морской воды по превышению ПДК. Максимальное превышение ПДК отмечено в Татарском проливе на полигоне Антоново (4,4 раза) в 2016 г., на полигоне Охотское в зал. Мордвинова (1,4 раза) в 2015 г., в зал. Анива превышения ПДК по НП не наблюдали (рисунок 3). Количество проб с превышением ПДК уменьшается в ряду Антоново, Шебунино, Люблино, Охотское, составляя 11, 9, 5 и 1 пробу, соответственно. Превышение ПДК в среднем снижается в ряду Антоново, Люблино, Шебунино, Охотское с кратностью 2,4; 1,9; 1,6; 1,4, соответственно. На полигонах Пригородное, Буссе, Таранай, Аракуль превышений ПДК не отмечено.

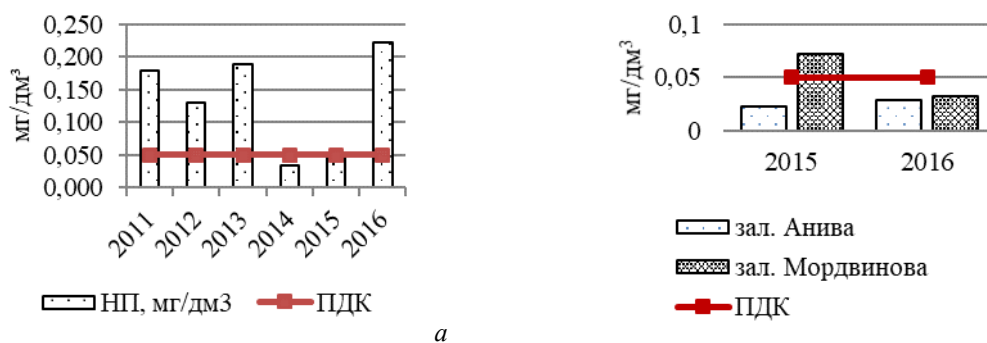


Рис. 3. Максимальные значения концентраций НП в МВ: у юго-западного (Татарский пр.) (а), южного (зал. Анива) и юго-восточного (зал. Мордвинова) Сахалина (б).

По литературным данным среднегодовые концентрации НП в МВ превышали ПДК за период 1975-2015 гг. в районе пос. Стародубское и г. Корсакова в более чем 80% случаев, а в районе пос. Пригородное с 2006 по 2015 г. в 40% случаев [12]. В декабре 2015 г. превышения ПДК в МВ зал. Анива не обнаружено [10].

Концентрации НП в ДО были равны или превышали ДК в 21 пробе. Максимальное превышение ДК НП в ДО отмечено в 2016 г. у юго-западного Сахалина (7 ДК) на полигоне Люблино и в зал. Анива (2,3 ДК) на полигоне Буссе, в зал. Мордвинова превышения ДК не наблюдали. Количество проб с превышением ДК уменьшалось в ряду Антоново, Люблино, Буссе составляя 13, 7 и 1 пробу, соответственно. Превышение содержания НП в ДО на полигонах Люблино и Буссе составило в среднем 2,3 ДК, на полигоне Антоново – 1,4 ДК. На станциях Шебунино, Пригородное, Таранай, Аракуль, Охотское превышений ДК не отмечено.

Таким образом, уровень загрязнения нефтепродуктами морских вод по среднегодовым значениям не превышал ПДК на всех изученных полигонах. Концентрации НП в донных отложениях в среднем не превышали ДК.

Максимум превышения ПДК в морской воде (4,4 ПДК) зафиксирован в 2016 г. у юго-западного Сахалина на полигоне Антоново. Максимум превышения ДК в донных отложениях (7 ДК) отмечен в 2016 г. у юго-западного Сахалина на полигоне Люблино. По количеству проб с превышением ПДК в морской воде и ДК в донных отложениях лидирует юго-западное побережье Сахалина. По содержанию НП в водах наиболее "чистыми" являются воды зал. Анива. Наименьшее содержание НП в донных отложениях наблюдалось в зал. Мордвинова.

Полученные данные могут быть использованы для мониторинга экологического состояния прибрежной зоны южного Сахалина.

Список литературы:

1. Галанин, Д. А. Ресурсы промыслового макробентоса побережья о. Монерон (Татарский пролив, Японское море) / Д. А. Галанин, Л. А. Балконская, В. А. Сергеев // Морские прибрежные экосистемы. Водоросли, беспозвоночные и продукты их переработки. Тезисы докладов Третьей Межд.науч.-практ. конференции (Владивосток, 8-10 сентября 2008 г.). - 2008. - С.407-408.
2. Калчугин П. В. Современное состояние ресурсов донных и придонных видов рыб в российских водах Японского моря / П. В. Калчугин, М. И. Бойко, С. Ф. Соломатов, Э. П. Черниенко // Известия ТИНРО – 2016. – Т. 184. – С. 54-69.
3. Аминина Н. М. Характеристика промысловых запасов сахарины японской в заливе Анива (Охотское море) Н.М. Аминина, Т.И. Вишневецкая, Д.А. Галанин, А.Р. Репникова, О.Н. Гурулёва // Известия ТИНРО – 2014. – Т. 178. – С. 116-123.
4. Великанов А. Я. Сезонная встречаемость пелагических видов рыб в некоторых микрорайонах юго-западной части Охотского моря / А. Я. Великанов // Известия ТИНРО – 2003. – Т. 135. – С. 72-93.

5. ПНД Ф 14.1:2:4.128-96. Методика измерений массовой концентрации нефтепродуктов в пробах природных, питьевых, сточных вод на анализаторе жидкости «Флюорат-02» (М 01-05-2012). – М., 2012. – 25 с.
6. ПНД Ф 16.1.21-98. Количественный химический анализ почв. Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в пробах почв на анализаторе жидкости «Флюорат-02». – Разр. НПО «Льюмэкс». – М., 2012. – 25 с.
7. Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения» (Электронный ресурс): Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 13 декабря 2016 года N 552. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.
8. Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2015. / под ред. Коршенко А.Н. - М.: Наука, 2016. - 184 с.
9. Геоэкология шельфа и берегов морей России / Под. Ред. действительного члена РАЕН, профессора Н. А. Айбулатова. – М.: Ноосфера, 2001. – 428 с.
10. Коренева Т. Г. Результаты исследований условий окружающей среды в районе аварии танкера «Надежда» (прибрежные воды Татарского пролива у юго-западного Сахалина) / Т. Г. Коренева [и др.]// Вода: химия и экология. - 2017. - № 11-12. - С. 3-13.
11. Лишавская Т.С. Некоторые органические поллютанты в донных отложениях прибрежных акваторий острова Сахалин / Т. С. Лишавская, А. В. Мощенко, А. С. Чернова // Известия ТИНРО. - 2005. - Т. 142. - С. 296-309.
12. Ростов И. Д. Динамика межгодовых изменений показателей химического загрязнения прибрежных акваторий Сахалина и Камчатки / И. Д. Ростов, Н. И. Рудых, В. И. Ростов // Вестник ДВО РАН. 2017. № 5.
13. Каськова В. О. Сезонная динамика концентрации нефтепродуктов и численности нефтеокисляющих микроорганизмов прибрежной зоны зал. Анива / О. В. Каськова, А. В. Полтева, Е. М. Латковская // Труды СахНИРО. – 2005. – Т. 7. – С. 375-384.
14. Ведерникова А. А. Оценка качества вод в заливе Анива по содержанию нефтепродуктов / А. А. Ведерникова, Е. М. Латковская, Т. Г. Коренева // Тезисы докладов 4 междун. научно-практич. конф. «Морские прибрежные экосистемы. Водоросли, беспозвоночные и продукты их переработки». – Южно-Сахалинск, 2011. С. 20-21.

RESULTS OF STUDIES OF OIL POLLUTION OF THE SOUTHERN SAKHALIN COASTAL ZONE

A.A. Vedernikova; T.G. Koreneva; E.M. Latkovskaya

*Sakhalin branch of Federal State Budgetary Scientific Institution «Research Institute of Fisheries and Oceanography», Yuzhno-Sakhalinsk, 693023, Russia,
e-mail: a.vedernikova@sakhniro.ru*

Abstract

Monthly investigation of total petroleum hydrocarbons (TPH) in seawater and bottom sediment of Japan and Okhotsk Seas near south of Sakhalin Island was conducted in 2011-2016. TPH content was detected by fluorimetric method. Concentration of TPH varied from <0,005 to 0,222 mg/l in seawater and from <5 to 348 mkg/g dry weight in bottom sediment. Current state of studied areas is not polluted by TPH (except of place of oil spill).

СОДЕРЖАНИЕ ПРОЛИНА В *CICER ARIETINUM L.*, ПРОИЗРАСТАЮЩЕЙ В УСЛОВИЯХ РАДИАЦИОННОГО И СОЛЕВОГО СТРЕССА

М.З. Велиджанова, Дж.Р. Оруджева, Г.А. Годжаева, Э.С. Джафаров

*Институт Радиационных Проблем Национальной Академии Наук Азербайджана,
г. Баку, Азербайджан, e-mail: jamala.orujova@gmail.com*

Известно, что ответные реакции растений на повреждающие действие стрессора, в основном, приводит к усиленному развитию активных форм кислорода (АФК), что, как правило, сопровождается увеличением активности антиоксидантных ферментов. При защите растений от повреждающего действия стрессора определенную роль играют и низкомолекулярные антиоксиданты, одним из которых является пролин. Поэтому изучение роли пролина в защите растений от неблагоприятного воздействия стрессора и по сей день является актуальной.

Накопление пролина может быть вызвано *de novo* его синтезом, или снижением его деградации, или же тем и другим [1].

Показано, что накопление пролина в условиях абиотического стресса в зависимости от вида и степени стресса составляет несколько миллимолярных концентраций [2].

Установлено, что для многих растений в условиях солевого стресса и засухи из-за увеличения синтеза и/или снижения деградации содержание пролина достигает до 80 % аминокислотного пула (в нормальных условиях оно составляет $\sim 5\%$) [3,4].

В результате засоления растения подвергаются воздействию высоких концентраций солей, что приводит к нарушению клеточного метаболизма и снижению продуктивности сельскохозяйственных растений, и уменьшению биоразнообразия дикорастущих растений.

Понимание молекулярных механизмов реакции растений, подверженных различным абиотическим стрессам, имеет большое значение. Поскольку оно дает надежду на то, что генетически модифицированные культуры справятся с этими стрессами лучше.

Отметим, что существует много клеточных механизмов, с помощью которых организмы смягчают стрессовые воздействия. Накопление пролина является одним из них.

Отметим, что гены, кодирующие большинство ферментов, связанных с синтезом и деградацией пролина, были клонированы и частично охарактеризованы. Однако факторы, регулирующие экспрессию этих ферментов, не идентифицированы [5].

Было предпринято несколько попыток повысить уровень накопления пролина в растениях путем переноса генов, активирующих пути его биосинтеза. Например, толерантность к абиотическому (в частности, к солевому) стрессу, а также улучшение роста и развития наблюдалось у различных трансгенных растений, которые характеризовались повышенным содержанием пролина [5].

Материалы и методы. Объект исследования – Нут бараний (*Cicer arietinum L.*)

Оборудования – Источник γ -излучения - ^{60}Co , центрифуга -HIMAC -CT 15 RE (United Kingdom), спектрофотометр - JENWAY - 67 Series (United Kingdom).

Семена нута перед посевом были подвержены предпосевному облучению в дозах 1, 5, 10, 50, 100, 200, 300 Гр (во всех случаях мощность дозы облучения была 0,048 Гр/с) на установке «RUXUND», с использованием источником излучения ^{60}Co . Проростки как облученных, так и необлученных (контрольных) семян были перемещены в растворы NaCl с концентрациями 1, 5, 10, 50 и 100 мМ.

Содержание свободного пролина в свежем растительном материале определяли с помощью метода Бэйтса с соавт. [6]. При этом растительный материал гомогенизировали в 3% -ной водной сульфосалициловой кислоте. Гомогенат фильтровали и осаждали в центрифуге в течение 15 минут при 1000 g. К фильтрату приливали нингидриновый реактив, приготовленный без нагревания (1,25 г нингидрина, 30 мл ледяной уксусной кислоты, 20 мл 6 М раствора H_3PO_4) и 2,0 мл ледяной уксусной кислоты. Реакционную смесь инкубировали в течение 1 ч на водяной бане при $100^{\circ}C$, после чего быстро охлаждали до комнатной температуры. После охлаждения в каждую пробирку добавляли 4 мл толуола, взбалтывали 30 с и дали отстояться. Через 15 мин верхний слой толуола, в который переходил весь краситель, отделяли от водной фазы. Интенсивность окраски (оптическая плотность продуктов реакции) измеряли на спектрофотометре при длине волны 520 нм против толуола.

Содержание пролина определяли по калибровочной кривой, построенной с использованием набора стандартных растворов в 3% сульфосалициловой кислоте. Полученные данные выражали в мкг пролина в расчете на 1 г сырой массы.

Результаты и их обсуждение.

1. *Определение содержания пролина в листьях нута бараньего, семена которого перед посевом были обработаны γ -лучами в разных дозах.*

Результаты по определению пролина представлены на рис.1.

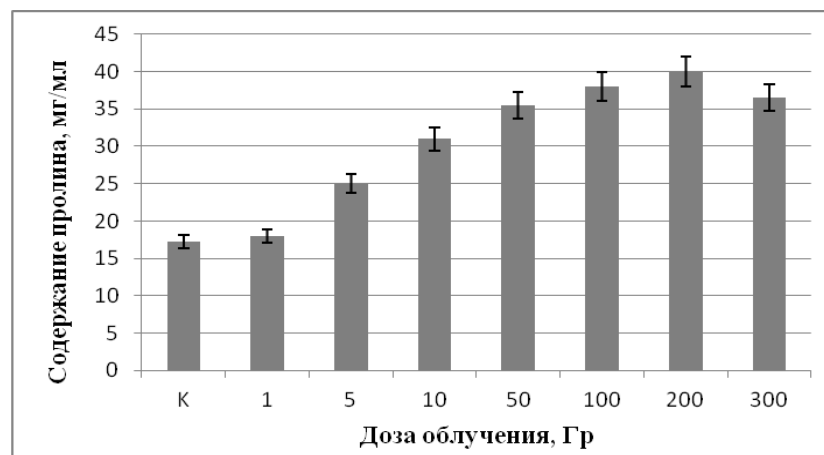


Рис. 1. Динамика доза зависимого изменения содержания пролина в листьях нута бараньего.

Как видно из рисунка, существует определенная доза зависящая от изменения содержания пролина. Другими словами, с увеличением дозы облучения семян от 1 до 50 Гр содержание пролина заметно увеличивается. А в интервале доз от 50 до 300 Гр замечается незначительное увеличение содержания пролина. Учитывая, что пролин выполняет также функцию антиоксиданта, что в какой-то мере защищает растения от повреждающего воздействия стресса, увеличение содержания можно связать с его защитной роли.

2. *Определение содержания пролина в листьях нута бараньего, семена которого выращивались в растворах NaCl при разных концентрациях соли.*

Содержание пролина в растворах соли представлены на рис. 2.

В случае солевого стресса, как и в случае радиационного стресса, усиление стресса приводит к увеличению содержания антиоксидантного пролина.

Предполагаем, что увеличение содержания пролина в условиях солевого стресса, одного из низкомолекулярного компонента антиоксидантной системы защиты обусловлено активацией защитной системы растения.

3. *Определение содержания пролина в листьях нута бараньего в условиях двойного стресса.*

При этом облученные семена выращивались в солевых растворах. Содержание

пролина определялись в свежесобранных листьях нута бараньего. Результаты по изменению содержания пролина в условиях двойного стресса представлены на рис. 3.

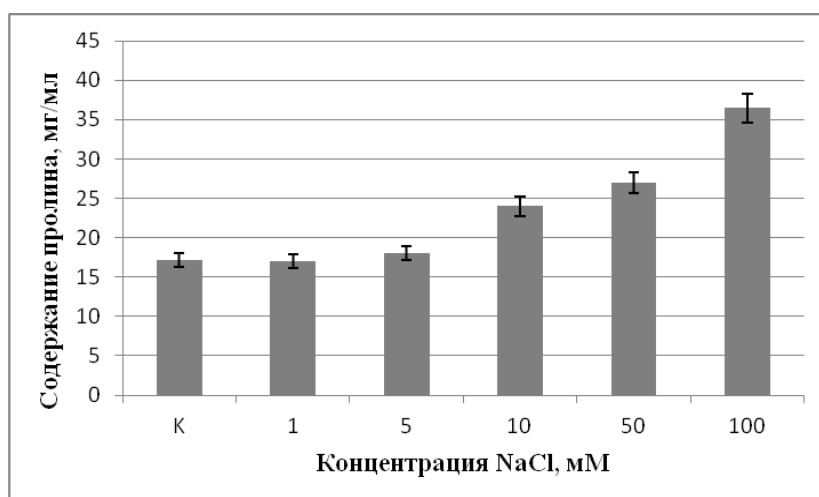


Рис. 2. Динамика изменения содержания пролина в листьях нута бараньего в растворах соли при разных концентрациях NaCl.

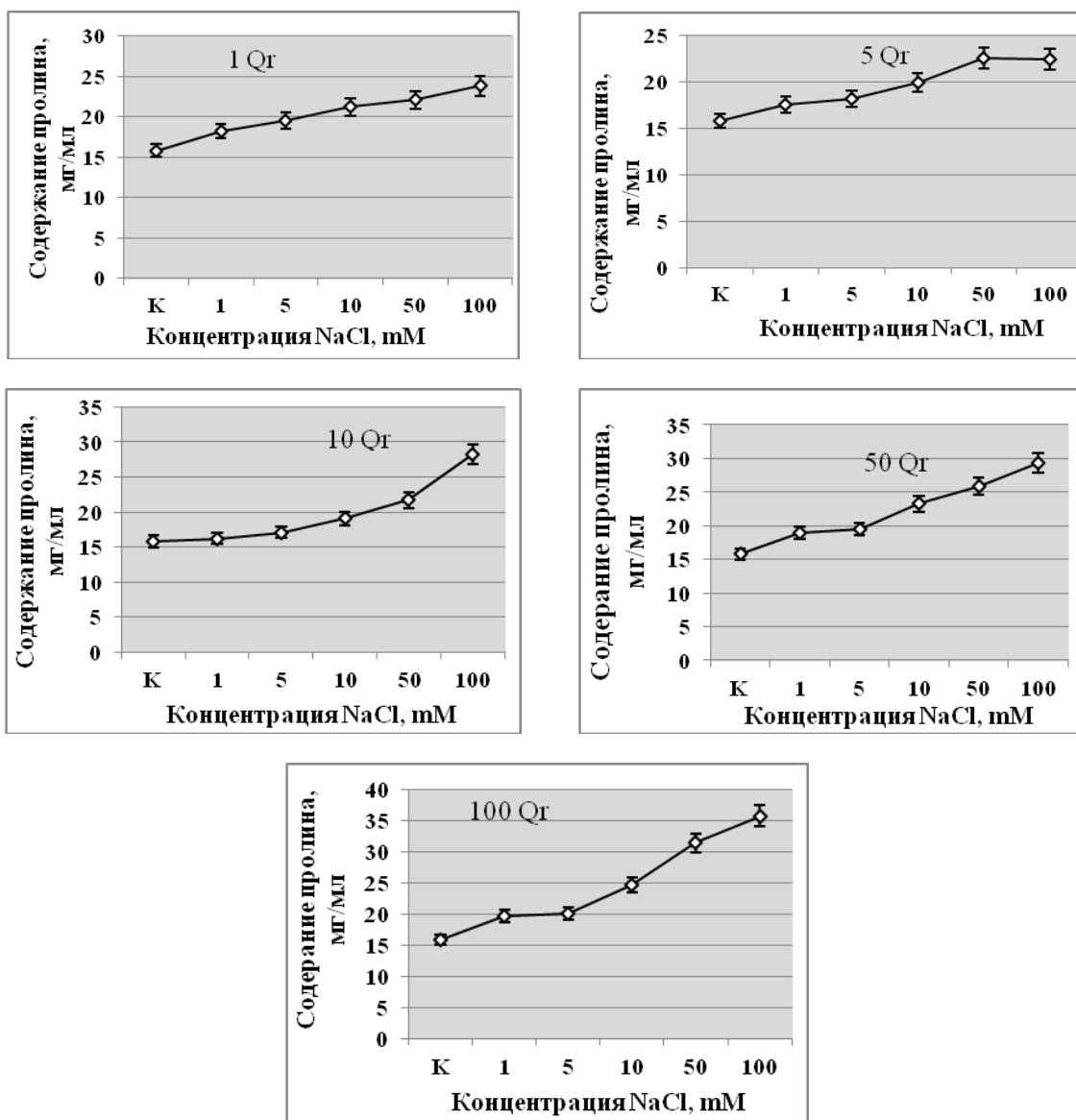


Рис. 3. Динамика изменения содержания пролина в условиях двойного стресса

Результаты по двойным стрессам показывает, что в растворах соли увеличение дозы облучения не вызывает заметных изменений в содержании пролина. Так как при всех дозах облучения с увеличением концентрации соли увеличивается содержание пролина. Несмотря на сходства динамики изменения содержания масштабы изменений при разных дозах не одинаковы. Точнее при высоких дозах облучения изменения содержания пролина носит более крупномасштабный характер.

Список литературы:

1. Hare, P. D., Cress W. A. and Van Staden J. Dissecting the roles of osmolyte accumulation during stress in plants // *Plant Cell Environ.* – 1998. – Vol. 21, No 6. – P. 535 – 553.
2. Delauney A.J. and Verma D.P.S. Proline biosynthesis and osmoregulation in plants // *Plant J.* – 1993. Vol. 4. – P. 215-223.
3. Kavi Kishor P.B. Effect of salt stress on callus cultures of *Oryza sativa* L. *J.Exp. Bot.* 1988. 39. P. 235- 240.
4. Kohl D. H., Kennelly E. J., Zhu Y., Schubert K. R. and Shearer G. Proline Accumulation, Nitrogenase (C_2H_2 reducing) Activity and Activities of Enzymes related to Proline Metabolism in Drought-Stressed Soybean Nodules // *J. Exp. Bot.* – 1991. – Vol. 42, No. 240. P. 831-837.
5. Kavi Kishor P. B., Sangam S., Amrutha R. N. et al. Regulation of Proline Biosynthesis, Degradation, Uptake and Transport In Higher Plants: Its Implications in Plant Growth and Abiotic Stress Tolerance // *Current Science.* – 2005. – Vol. 88. – No. 3. – P. 424-438.
6. Bates L. S., Waldren R.P., Teare I.D. Rapid determination of free proline for water – stress studies // *Plant and Soil.* - 1973. -Vol.39, Issue 1. - P. 205-207.

CONTENT OF THE PROLINE IN CICER ARIETINUM L., GROWING UNDER THE CONDITIONS OF RADIATION AND SALT STRESS

M.Z. Veljanova, J.R. Orujova, G.A. Gojayeva, E.S. Jafarov

*Institute of Radiation Problems of the National Academy of Sciences of Azerbaijan,
Baku, Azerbaijan, e-mail: jamala.orujova@gmail.com*

Abstract

The content of proline in chickpea leaves was studied in salt solutions at different concentrations of NaCl. In this case, the seeds of the plant were subjected to pre-sowing gamma irradiation at different doses. It was shown that both radiation and salt stress separately lead to an increase in the content of proline.

Double stress depending on the salt concentration and radiation dose, has a different effect on the content of antioxidant proline. In salt solutions, an increase in the radiation dose does not cause noticeable changes in the content of proline. At all doses, the proline content increases with increasing salt concentration. Despite the similarities in the dynamics of changes in content, the scale of changes at different doses is not the same. More precisely, at high doses of radiation, changes in the content of proline are more large-scale.

ОЦЕНКА РАДИАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОРОДНЫХ ОТВАЛОВ УГОЛЬНЫХ ШАХТ ЛУГАНЩИНЫ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Е.И. Верех-Белоусова

*ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Тараса Шевченко»,
г. Луганск, 91011, ЛНР, e-mail: kate3152@yandex.ru*

Вопросы переработки отвальной породы угольных шахт Луганщины уже несколько десятилетий интересуют многих ученых, так как одной из основных экологических проблем угольной промышленности является проблема накопления и утилизации твердых крупнотоннажных отходов. Поднятая на поверхность порода отсыпается в породные отвалы и терриконы, которых только в Луганщине насчитывается около 556, из которых приблизительно 90 горят и ежегодно выбрасывают в атмосферу более 500 тыс. т вредных газовых и пылевых веществ. Отвалы и терриконы занимают площадь 49 тыс. га интенсивно загрязняя прилегающие территории, а объем складированной породы составляет приблизительно 69 млн. м³ [1, 2].

Учитывая все вышесказанное, считаем необходимым обосновать возможность переработки породных отвалов угольных шахт для применения породы в строительстве, на примере породных отвалов угольных шахт Луганщины.

По мнению ученых, из отраслей-потребителей промышленных отходов, являющихся побочными продуктами различных производств, наиболее емкой является производство строительных материалов [3]. Современные исследования обосновывают необходимость расширения сырьевой базы строительных керамических материалов за счет использования кремнеземсодержащих пород и минеральных промышленных отходов (углеотходов, золы и др.), при использовании которых необходима разработка новых уникальных проектных решений и способов подготовки сырья и формования строительных изделий, которые в условиях эксплуатации, будут отвечать требованиям экологической безопасности [4].

Целью работы выступило исследование возможности использования отвальной породы угольных шахт Донбасса, как сырья для производства строительных материалов, с учетом оценки ее радиационных показателей.

Современные исследователи в большинстве случаев предлагают отходы добычи и обогащения угля использовать для производства строительных материалов [5-7]. Однако не каждый природный материал может быть использован в строительном производстве. Угли Донбасса и вмещающие угольные породы содержат уран. Наиболее богаты им породы, содержащие серу в виде пирита. При изучении многими учеными состава естественных радионуклидов выявлены U, Th, ⁴⁰K и ²²⁶Ra. В частности выявлено, что кларковая γ -активность на 70–90 % обусловлена активностью урана и тория и на 10–30 % ⁴⁰K. Однако общее содержание естественных радионуклидов в угле и углистой породе меньше, чем в других природных источниках [8].

Наличие указанных радионуклидов в отвальной породе угольных шахт объясняется тем, что при выветривании сульфидсодержащих пород (пирита), которое сопровождается повышением температуры, серная кислота, образующаяся при окислении пирита, переводит первичные урановые минералы в подвижную форму (растворы). Например, по данным проведенных нами исследований экспозиционная доза гамма-излучений отвальной породы терриконов Стахановского района колеблется от 15 до 24 мкР/ч.

Таким образом, с точки зрения радиационных показателей, отвальную породу можно безопасно перерабатывать. И по нашему мнению, один из наиболее доступ-

ных путей решения экологической проблемы складирования отвальной породы и ее негативного воздействия на окружающую среду является ее использование в строительстве.

Радиационный фон помещений формируется содержащимися в материалах ограждающих конструкций здания естественными радионуклидами (ЕРН) и радоном, поступающим из грунтового основания здания и выделяющимся из ограждающих конструкций. По величине удельной активности строительные материалы и сырье для их производства разделены на 4 класса [9]:

- I класс ($A_{эфф} < 370$ Бк/кг) – материалы, используемые в строящихся и реконструируемых жилых и общественных зданиях;

- II класс ($A_{эфф} < 740$ Бк/кг) – материалы, используемые в дорожном строительстве в пределах территории населенных пунктов и зон перспективной застройки, а также при возведении производственных сооружений (II класс);

- III класс ($A_{эфф} < 1\,500$ Бк/кг) – материалы, используемые в дорожном строительстве вне населенных пунктов;

- IV класс ($1\,500 < A_{эфф} < 4\,000$ Бк/кг) – вопрос об использовании материалов решается в каждом случае отдельно по согласованию с федеральным органом Госсанэпиднадзора. При $A_{эфф} > 4\,000$ Бк/кг материалы не должны использоваться в строительстве.

С целью оценки возможности использования отвалов угольных предприятий в качестве сырья для производства строительных материалов, был произведен отбор проб отвальной породы 5 угольных предприятий Донбасса: шахты «Черкасская» (г. Зимогорье), шахты «Машинская» (г. Лутугино), шахты «Луганская» (г. Луганск), шахт «Максимовская» и «им. Ильича» (г. Стаханов).

Согласно методике апробирования породных отвалов, изучается только внешний слой отвала. Отвал разбивается на зоны, из которых отбирается первичная проба, составляемая из порционных проб. В зависимости от площади поверхности зоны число порционных проб изменяется от 3 до 5. Разбивка терриконов на зоны осуществляется от его вершины к основанию. Расстояние между зонами по вертикали составляет 4 м для конического террикона и 1 м – для плоского отвала. Нижняя зона глыбового (более 1000 мм) и крупновалунного (500-1000 мм) материала опробованию не подлежит [6].

Измерение удельной эффективной активности отобранных образцов выполнялось в лаборатории радиационной безопасности в строительстве НИИ Строительной физики РААСН на стационарной гамма-спектрометрической установке СГС-200М с заявленной погрешностью не более 30%. Из образцов каждого отвала (террикона) формировалось три пробы, которые помещались в герметичные цилиндрические емкости объемом 0,15 дм³, перед измерением каждая проба взвешивалась с точностью до 0,1 г. Обработка спектров производилась программным комплексом «Прогресс» с использованием алгоритмов, утвержденных Госстандартом. Результаты измерений, усредненные по трем пробам, представлены в таблице 1.

Исследования показали, что все отвальные породы могут без ограничения использоваться при производстве материалов для жилищного строительства, поскольку величина их удельной эффективной активности не превышает 370 Бк/кг. Расчет годовой эффективной эквивалентной дозы внешнего облучения показал, что при изготовлении ограждающих конструкций из материалов, представленных в таблице 1, она находилась бы в интервале: $H_{внеш} = 4,74 \cdot (14,8 \dots 218,1) = (70,2 \dots 1034)$ мкЗв/год = $(0,07 \dots 1,03)$ мЗв/год, что является приемлемым уровнем облучения.

Показателем внутреннего облучения человека является величина среднегодовой эквивалентной равновесной объемной активности дочерних продуктов распада (ДПР) радона ЭРОА_{ср} в воздухе помещения. В РФ ее предельное допустимое значение для строящихся и реконструируемых зданий составляет 100 Бк/м³. И хотя уста-

новлено, что менее 15% радона поступает в воздух помещений из материалов ограждающих конструкций, на наш взгляд необходим контроль параметров, определяющих интенсивность данного поступления. Известны случаи, когда использование пород с высокой удельной активностью радия в качестве заполнителя при производстве бетона приводило к аномально высоким уровням радона в помещениях [10, 11].

Таблица 1

Результаты гамма-спектрометрического анализа образцов отвалной породы угольных предприятий

№ п/п	Место отбора пробы	A_{Ra-226} , Бк/кг	A_{Th-232} , Бк/кг	A_{K-40} , Бк/кг	A_{Cs-137} , Бк/кг	$A_{эфф}$, Бк/кг
1	Перегоревший отвал шахты «Черкасская» (г. Зимогорье)	44,4	46,7	528,8	0,7	152,7
2	Аргиллит из отвала шахты «Черкасская» (г. Зимогорье)	56,1	68,3	813	0,5	218,1
3	Отвал шахты «Машенская» (г. Луганск)	9,3	3,3	13,5	0,9	14,8
4	Отвал шахты «Луганская» (г. Луганск)	51,2	22,7	41,6	3,0	84,5
5	Перегоревший отвал шахты «Максимовская» (г. Стаханов)	29,7	29,2	306,7	0,9	95,3
6	Отвал шахты им. Ильича (г. Стаханов)	44,8	43,9	395,1	1,5	137,4

Скорость поступления радона из материалов ограждающих конструкций в воздух помещения принято определять по формуле:

$$q_{опр} = A_{Ra} \cdot \rho \cdot k_{эм} \cdot \sqrt{\frac{\lambda D_e}{\varepsilon}} \tanh\left(\frac{h}{2} \cdot \sqrt{\frac{\lambda \varepsilon}{D_e}}\right), \quad (1)$$

где ρ – плотность материала, кг/м³;

D_e – коэффициент диффузии радона в материале, м²/с;

$k_{эм}$ – коэффициент эманирования радона материалом;

h – толщина слоя материала, м;

ε – пористость материала,

λ – постоянная распада радона, с⁻¹.

Согласно формулы (1) количество радона, выделяющегося из ограждающих конструкций, определяется не только содержанием в них радия. Не весь радон, образовавшийся при распаде ²²⁶Ra, способен перейти в воздух помещения. Коэффициент эманирования $k_{эм}$ показывает, какая часть образовавшегося радона способна покинуть массив ограждающей конструкции. Коэффициент эманирования радона в данной работе также определялся методом гамма-спектрометрии. После измерений, результаты которых представлены в табл. 1, пробы герметизировались в измерительных емкостях на 40 суток. При этом производились измерения дополнительной активности, возникающей за счет наступления радиоактивного равновесия между радона и его ДПР при герметизации пробы (рис. 1).

Прекращение роста удельной активности радия соответствовало наступлению радиоактивного равновесия. Результаты измерений коэффициента эманирования радона, выполненные в лаборатории радиационной безопасности в строительстве НИИ Строительной физики РААСН, представлены в таблице 2.

Представленные в таблице 2 значения $k_{эм}$ свидетельствуют об умеренной эми-

рующей способности пород угольных шахт Луганщины, что также указывает на перспективность их использования в производстве строительных материалов.

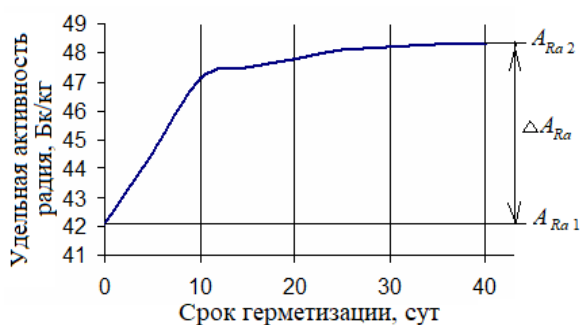


Рис. 1. Определение коэффициента эманирования угольного аргиллита

Таблица 2

Результаты измерения коэффициента эманирования радона отвальными породами

№ пробы	1	2	3	4	5	6
Начальная удельная активность радия $A_{Ra,1}$, Бк/кг	42,1	56,1	9,3	51,2	29,7	44,8
Равновесная удельная активность радия $A_{Ra,1}$, Бк/кг	48,3	60,0	10,1	57,7	34,6	53,0
Коэффициент эманирования радона $k_{ЭМ}$	0,13	0,07	0,08	0,11	0,14	0,15

Например, из литературных данных известно, что, горелые породы, естественно получаемые обжигом в терриконах, как и другие обожженные глинистые материалы, обладают активностью по отношению к извести и их можно использовать (и уже используют в мировой практике) как гидравлические добавки в связующих известково-пуццоланового типа, портландцементе и автоклавных материалов. Высокая абсорбционная активность и сцепление с органическими связующими позволяют применять их в асфальтовых и полимерных композициях. Также они могут применяться при производстве жаростойких бетонов и пористых заполнителей. А некоторые горелые породы, имеющие пониженную среднюю плотность, могут использоваться в качестве заполнителей для легких растворов и бетонов. Минеральная составляющая не горелых пород отвалов (а также свежееотсыпанная порода) состоит из глин, сланцев, аргиллитов, алевролитов, песчаников и песков, что также позволяет их широко использовать для производства строительных материалов, а также применять их в асфальтовых композициях и под засыпку дорог и для производства любых материалов, используемых в дорожном строительстве [5, 6, 7, 12].

Представленные выше исследования позволяют сделать **вывод** о том, что наиболее доступный, по нашему мнению, путь решения экологической проблемы складирования отвальной породы и ее негативного воздействия на окружающую среду является использование ее в строительстве. Проведенный гамма-спектрометрический анализ показал, что исследуемые отвальные породы с достаточно большим запасом относятся к I и II классу по удельной активности, то есть без ограничений могут использоваться в жилищном строительстве. Например, отвальные породы можно использовать как гидравлические добавки в связующих, при производстве цемента, кирпича, керамзита и др. материалов, а также в асфальтовых и полимерных композициях, в дорожном строительстве в пределах территории населенных пунктов и зон перспективной застройки.

Список литературы

1. Харламова А.В. Негативное воздействие отвалов угольных шахт на окружающую среду и способы его нейтрализации / А.В. Харламова // Труды междуна-

- родной научной конференции молодых ученых и специалистов «Экология энергетики – 2017». – М.: Издательский дом МЭИ, 2017. – С. 88 – 91.
2. Луганщина – край нашей любви и надежды. По материалам годового отчета состояния окружающей среды в Луганской области в 2011 году / Под ред. А.О. Арапова. – Луганск, 2012. – 187 с.
 3. Бабак Н.А. Геоэкологический резерв промышленных минеральных отходов / Н.А. Бабак, Л.Л. Масленникова // Безопасность жизнедеятельности. – 2018. – №10 (214). – С. 57 – 64.
 4. Stolboushkin A. The investigation of the matrix structure of ceramic brick made from carbonaceous mudstone tailings / A. Stolboushkin, O. Fomina, A. Fomin // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2016. – Vol. 124 – doi:10.1088/1757-899X/124/1/012143.2016.
 5. Баталин Б.С. Строительная керамика из терриконников Кизеловского угольного бассейна / Б.С. Баталин, Т.А. Белозерова, М.Ф. Гайдай // Стекло и керамика. – 2014. – № 3. – С. 8 – 10.
 6. Шпирт М.Я. Использование твердых отходов добычи и переработки углей/ М.Я. Шпирт В.Б. Артемьев С.А. Силютин. – М.: Изд-во «Горное дело», ООО «Киммерийский центр», 2013. – 432 с.
 7. Shpirt M.Ya. Ecological problems caused by mining and processing with suggestions for remediation / M.Ya. Shpirt, A.K.M. Rainbow. – Millpress, 2006. – 162 p.
 8. Юдович Я.Э. Ценные элементы-примеси в углях. / Я.Э. Юдович, М.П. Кетрис. – Екатеринбург: УрОРАН, 2006. – 538 с.
 9. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009): (Ионизирующее излучение, радиационная безопасность СП 2.6.1.2523-09): зарегистрирован 14.08.09. Рег. № 14534 – М.: Минюст России, 2009. – 225 с.
 10. Bakaeva N.V. Prediction of radon concentrations in above-ground apartments / N.V. Bakaeva, A.V. Kalaydo // Journal of Applied Engineering Science. – 15 (2017). – 3, 442. – doi: 10.5937/jaes15-14656.
 11. Wedjemark G.A. Radon in dwellings in Sweden : Report SSI: 1978-13 / G.A. Wedjemark. – Stockholm, 1978. – 224 p.
 12. Уваров Д. Р. Исследование возможностей производства глинозема из техногенных материалов / Д. Р. Уваров, М. И. Биломеря // Сб. матер. Межд. конф. «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов». – Донецк: Изд-во ДонНТУ, 2005. – Том 1. – С.95 – 96.

EVALUATION OF THE RADIATION FACTORS OF WASTE OF ROCK DEPOSITS OF LUGANSK COAL MINES FOR SUBSTANTIATION THEIR USING IN THE BUILDING

E.Jo. Verekh-Belousova

*Luhansk Taras Shevchenko State University, Lugansk, LPR, 91011,
e-mail: kate3152@yandex.ru*

Abstract

Evaluation the prospects of Donbas's coal mines dumps using in the building materials production by the radiation factors was performed in the paper. The work has carried out an assessment of the prospects for the use of dump rocks in the construction industry from radiation indicators. The specific effective activity of natural radionuclides in the five coal mines waste dumps of Luhansk region was determined by the gamma-spectrometric analysis. Was shown the waste rock can be used without restrictions in residential construction with such radiation characteristics. The laboratory method of determination the radon emanation coefficient in the rocks and materials was described. It allows estimating accurately the radon entry rate into the premises from walling materials at the design stage of a construction.

БИОАККУМУЛЯЦИЯ СТОЙКИХ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ПОЛЛЮТАНТОВ В МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ СЕВЕРНЫХ ВИДОВ РЫБ

Е.А. Веселкина¹; Н.А. Соболев²; А.С. Аксенов³; Ю.И. Варакина⁴

ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет
имени М.В. Ломоносова», г. Архангельск, 163002, Россия,
e-mail: ¹vesyolkina.elena@yandex.ru; ²n.sobolev@narfu.ru;
³a.s.aksenov@narfu.ru; ⁴yu.andreeva@narfu.ru

В настоящее время большое внимание уделяется вопросам оценки здоровья коренного малочисленного населения Арктики, но данные исследования не имеют системного характера.

Представители северных народов относятся к группе риска, подверженной отравляющему воздействию поллютантов, связанному с их традиционным образом жизни. Рыбная ловля и охота являются основным средством существования на севере, поэтому все съедобные части добычи употребляются в пищу, а в отдаленных областях арктических регионов добываемая пища может быть единственным средством пропитания.

До сегодняшнего момента контроль загрязнителей у жителей крайнего Севера с целью диагностики профессиональных отравлений и распространялся на очень ограниченное количество соединений, тогда как основная часть населения не подлежит ежегодному и комплексному контролю.

В работах [1-3] показано, что основными поллютантами, которые являются опасными для здоровья человека и, что немаловажно, уровень концентрации в продуктах питания которых может находиться на уровне токсичных для человека значений являются стойкие органические загрязнители и ртуть.

Ртуть – основной неорганический загрязнитель в Арктике. Данный элемент способен накапливаться и аккумулироваться в пищевых цепях, при этом с переходом на новое, более высокое звено пищевой цепи происходит его биомагнификация – т.е. увеличение концентрации токсичного элемента в несколько раз.

Однако загрязнение ртутью не является единственной проблемой для коренного населения Российской Арктики. Установлены также еще как минимум две проблемы, связанные с содержанием неорганических элементов в потребляемой пище:

1) низкое содержание практически всех биогенных микроэлементов (кальция, магния, селена, цинка и т.п.);

2) присутствие в продуктах питания помимо ртути других неорганических токсикантов (кадмий, свинец, мышьяк и т.п.) [2, 4].

Таким образом, на основе перечисленных неорганических элементов были разработаны научно-обоснованные критерии определения приоритетных для мониторинга и токсикологической оценки загрязняющих веществ, распространяющихся биологическими путями в Арктическую зону Российской Федерации (АЗРФ), и безопасности продукции пищевого и бытового назначения. Для этого были выбраны ключевые районы исследования в Ненецком автономном округе – регионе, включенном в систему биологического мониторинга АЗРФ [5].

В ходе работы было проведено исследование 12 видов рыб в сумме 96 особей на содержание 13 токсичных и биогенных элементов таких как: Hg, Cd, Pb, As, Co, Ni, Cu, Se, Mn, Zn, Mg, Ca, Fe. При этом были исследованы морские рыбы (навага и камбала), пресноводные семейства карповых (плотва), налим, щука, а также проходные (арктический голец, горбуша, хариус) и представители сиговых (нельма, сиг, пелядь, чир и арктический омуль).

Анализ элементов в рыбе проводили на масс-спектрометре с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС) Aurora Elite (Bruker, Германия). Перед анализом производили пробоподготовку рыбы. Для этого 0,25 г лиофильно-высушенной мышечной ткани рыб переносили в пластиковый стакан объемом 50 мл и добавляли 5 мл сверхчистой азотной кислоты двойной дистилляции. Пробы накрывали крышкой и выдерживали в течение часа при комнатной температуре. Стаканы с пробами помещали в нагревательный блок DigiBlock (LabTech, Италия) и плавно нагревали с температурным градиентом 0,5 °С/мин до 105 °С, после чего выдерживали при данной температуре 2 часа. Далее пробы охлаждали до комнатной температуры и добавляли 0,1 мл внутреннего стандарта, содержащего Li6, Sc, Y, In, Tb и Bi с концентрацией после разбавления 5 мкг/л, а также Se74 с концентрацией после разбавления 10 мкг/л. После этого пробу доводили до объема 25 мл деионизованной водой (электропроводность 18 МОм/см) и затем осуществляли ее непосредственный анализ. Для анализа элементов, страдающих от изобарных наложений от плазмообразующего газа (Se80 – наложение Ar40Ar40, As75 – наложение Ar40Cl35) использовали коллизионно-реакционный интерфейс с добавлением водорода с потоком 105 мл/мин в качестве реакционного газа, удаляющего мешающие влияния [6].

Рыбы имеют медленные темпы роста и длительные жизненные циклы в Арктике, что может вызвать высокую биоаккумуляцию загрязняющих веществ по сравнению с южными регионами. Ртуть биомагнифицируется и биоаккумулируется в основном (> 80 %) в виде метилртути, особенно у хищных рыб. Общее содержание ртути в мышцах сига и щуки в данном исследовании варьировало от 0,19 до 0,47 мкг/кг и от 0,6 до 1,5 мкг/кг соответственно. Биоаккумуляция ртути у рыб представлена на рис. 1 и рис. 2.

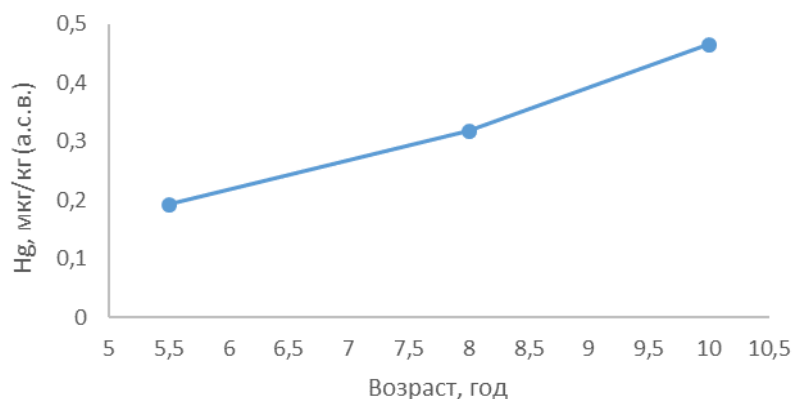


Рис. 1. Биоаккумуляции ртути у сига

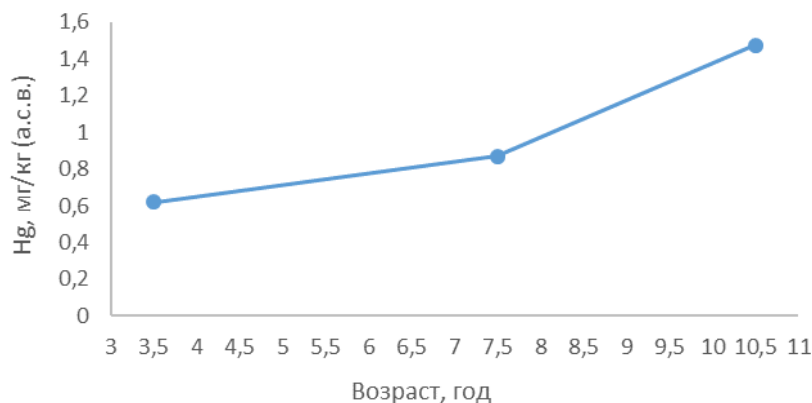


Рис. 2. Биоаккумуляции ртути у щуки

Мультиэлементный анализ показал, что содержание ртути в щуке значительно выше, чем в сиге. Скорость биоаккумуляция ртути у щуки составляет 0,122 мкг/кг су-

ного веса в год, у сига – 0,06 мг/кг. Значительная скорость биоаккумуляция ртути у щуки связана с тем, что концентрация ртути в хищных рыбах в целом выше, чем у рыб, питающихся на более низких трофических уровнях, например, таких как сиговые, которые питаются главным образом зоопланктоном, насекомыми и бентосом.

Работа выполнена при финансовой поддержке Правительства РФ в соответствии с постановлением от 09.04.2010 № 220 (договор от 14.03.2017 № 14.Y26.31.0009).

Список литературы:

1. Kuhnlein H.V., Chan H.M. Environment and contamination in traditional food system of northern indigenous peoples // *Annu Rev Nutr.* – 2000. – Vol. 20. – P. 595 – 626.
2. Dudarev A.A., Alloyarov P.R., Chupakhin V.S., Dushkina E.V., Sladkova Y.N., Dorofeyev V.M., Kolesnikova T.A., Fridman K.B., Nilsson L.M., Evengård B. Food and water security issues in Russia I: food security in the general population of the Russian Arctic, Siberia and the Far East, 2000-2011 // *Int. J. Circumpolar Health.* – 2013. – Vol. 72. – P. 21848.
3. AMAP Assessment 2015: Human health in the artic, ISBN-978-82-7971-093-6, Artic Monitoring and Assessment Program (AMAP), Oslo, Norway, (www.amap.no).
4. Dudarev A.A. Dietary exposure to persistent organic pollutants and metals among Inuit and Chukchi in Russian Arctic Chutkotka // *Int. J. Circumpolar Health.* – 2012. – Vol. 71. – P. 18592.
5. Аксенов А.С., Веселкина Е.А. Ненецкий автономный округ – ключевой регион в реализации региональных систем биологического мониторинга // *Евроарктика-2017: сохранение окружающей среды при освоении Арктики. Материалы IV Международной научной-практической конференции, Нарьян-Мар, 2017 – С. 5-7.*
6. Веселкина Е.А., Варакина Ю.И., Соболев Н.А. Сравнительный анализ методов пробоподготовки образцов рыбы *sp. Coregonidae* для определения следовых концентраций неорганических загрязнителей // *Биомониторинг в Арктике: сборник тезисов докладов участников международной конференции, Архангельск, 2018 – С. 192-194.*

**BIOACCUMULATION OF PERSISTENT INORGANIC POLLUTANTS
IN THE MUSCLE TISSUE OF NORTHERN FISH SPECIES**

E.A. Veselkina¹, N.A. Sobolev², A.S. Aksenov³, Yu.I. Varakina⁴

Northern (Arctic) Federal University named after M. V. Lomonosov,

Arkhangelsk, 163002, Russian Federation, e-mail: ¹vesyolkina.elena@yandex.ru;

²n.sobolev@narfu.ru; ³a.s.aksenov@narfu.ru; ⁴yu.andreeva@narfu.ru

Abstract

The Arctic zone of the Russian Federation is one of the main recipients of pollution of many persistent inorganic pollutants, which pose a serious threat to human health and the environment. The indigenous small population of the Russian Arctic belongs to a risk group exposed to the toxic effects of pollutants associated with their traditional way of life. For the representatives of the northern peoples, fishing and hunting are traditional means of livelihood, therefore all the edible parts of their prey are eaten. Foods that are extracted by indigenous peoples themselves may be contaminated with various pollutants, and the levels of such pollution may exceed the permissible norms of their consumption. Biomonitoring – a constant systemic control in order to identify trends and patterns, is a necessity with a long-term effect on the body of chemical and microbiological contamination.

**КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ БИОПОЗИТИВНЫХ
БЕРЕГОЗАЩИТНЫХ СООРУЖЕНИЙ: ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ
ФИЗИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО
СОСТОЯНИЯ БЕРЕГОВОЙ ЗОНЫ**

Н.М. Ветрова¹; Э.М. Меннанов²; Э.Э. Меннанов³

*Академия строительства и архитектуры ФГАОУ ВО "КФУ им. В.И. Вернадского",
Симферополь, 295000, Российская Федерация,
e-mail: ¹хаос.etrova.03@mail.ru, ²mennanov.elmar@mail.ru,
³mennanov.emran@mail.ru*

Современная концепция приморской берегозащиты определяет, что берегозащитные сооружения в условиях рекреационного освоения побережья наряду со снижением волнового воздействия на береговой склон, для сохранения и восстановления пляжной полосы должны обеспечивать регулирование перемещения наносов в прибрежной зоне моря. Кроме того, берегозащитные мероприятия должны предусматривать возможность реконструкции существующей системы берегозащиты, учитывая ее современное состояние и эффективность сооружений [1]. Согласно нормативной документации [2-3] проектирование берегозащитных гидротехнических сооружений должно сопровождаться научным обоснованием, в том числе проведением математического, численного и физического моделирования.

Целью исследования является выявление особенностей проведения физического моделирования как одного из методов решения практических задач по исследованию динамики берегов.

Большинство ученых при исследовании динамических процессов, протекающих в береговой зоне морей, океанов, рек, озер и водохранилищ кроме численного моделирования, прибегают и к физическому моделированию (эксперименту) [4-6]. Метод физического моделирования является эффективным благодаря воспроизведению сложных протекающих процессов, которые в численном моделировании требуют значительной достоверной информативной поддержки для построения теоретических подходов. При этом, рекомендуется использовать как физическое, так и математическое моделирование для подтверждения существующих закономерностей в исследуемых процессах и явлениях.

Начало подготовки к проведению эксперимента сводится к определению масштабов модели. Эти подходы разработаны в теории подобия. Теория подобия учитывает, что подобие является "методом математического моделирования, основанный на переходе от обычных физических величин, влияющих на моделируемую систему, к обобщенным величинам комплексного типа, составленным из исходных физических величин, но в определенных сочетаниях, зависящих от конкретной природы исследуемого процесса"[7-9].

Согласно теории подобия, изучать на гидравлической модели процесс экологического состояния береговой зоны следует при обеспечении геометрического и динамического подобия:

- подобие модели натурному объекту по заданным параметрам;
- подобие модели по волновому режиму;
- подобие модели по поверхностным и объемным силам.

Геометрическое подобие означает, что отношения всех соответствующих длин в двух системах должны быть одинаковыми. Поэтому, если в направлении осей x , y , и z выбраны некоторые длины и рассматриваемые две системы обозначены индексами

"m"- модель и "n"- натурная система, то условие геометрического подобия приобретает вид:

$$\frac{x_m}{x_n} = \frac{y_m}{y_n} = \frac{z_m}{z_n} = L_r, \quad (1)$$

где x_m, y_m, z_m – геометрические параметры модели, x_n, y_n, z_n – геометрические параметры исследуемого объекта (в натуре), L_r - отношение длин, характеризующее относительные размеры двух систем, а r - символ, использующийся для обозначения отношения соответствующих величин в двух системах (их масштаба).

Следствием точного геометрического подобия является то, что соотношение площадей и объемов в двух системах может быть выражено:

$$S_r = \frac{S_m}{S_n} = \frac{x_m y_m}{x_n y_n} = L_r^2, \quad (2)$$

$$W_r = \frac{W_m}{W_n} = \frac{x_m y_m z_m}{x_n y_n z_n} = L_r^3. \quad (3)$$

В некоторых случаях возникает необходимость в изменении масштаба одного или нескольких показателей (в случае речных и океанографических моделей, когда глубина мала по сравнению с шириной и длиной):

$$\frac{x_m}{x_n} = \frac{y_m}{y_n} = L_r, \quad (4)$$

и

$$\frac{z_m}{z_n} = Z_r. \quad (5)$$

Динамическое подобие гидравлической модели подразумевает обеспечение подобия динамического поведения жидкостей.

Существуют два метода обеспечения динамического подобия: метод инспекционного анализа и метод анализа размерностей. Метод анализа размерностей применяет процедуру установления минимального числа безразмерных комплексов переменных из предполагаемого набора существенных величин. Метод анализа размерностей обеспечивает более рациональную основу теории динамического подобия, сосредоточивая внимание на физических силах, представленных отдельными членами соответствующих уравнений движения, а также на связанных с ними граничных условиях.

Принципом динамического подобия является требование, чтобы в двух системах с геометрическими подобными границами течения были геометрически подобны в соответствующие моменты времени [10] - из чего следует, что все индивидуальные силы, которые действуют на соответствующие элементы жидкой среды, должны иметь одинаковое соотношение (табл. 1).

Таблица 1

Безразмерные критерии теории динамического подобия

Физический фактор	Вязкость	Тяжесть	Поверхностное натяжение	Сжимаемость
Безразмерный критерий	$Re = V_0 L / \nu$	$Fr = V_0 / \sqrt{gL}$	$We = \rho V_0^2 L / \sigma$	$Ma = V_0 / c_0$
Отношение времен	$T_r = \rho_r L_r^2 / \mu_r$	$T_r = \sqrt{L_r / g_r}$	$T_r = L_r^{3/2} \sqrt{\rho_r / \sigma_r}$	$T_r = L_r / c_r$
Отношение сил	$F_r = \mu_r^2 / \rho_r$	$F_r = \gamma_r L_r^3$	$F_r = \sigma_r L_r$	$F_r = \rho_r c_r^2 L_r^2$

Если на гидравлической модели и в натуральных условиях используется одна и та же жидкость, то невозможно обеспечить подобие одновременно по числам Фруда

(Fr) и Рейнольдса (Re), хотя для целого ряда задач, имеющих важное практическое значение, не обязательно иметь подобие по обоим параметрам (чисел Фруда и Рейнольдса) [10]. Так, при чисто волновом движении или воздействии необрушающихся волн на гидротехнические сооружения, когда влияние вязкости мало, динамическое подобие модельных и натуральных процессов определяется равенством чисел Фруда [10]. При исследовании волн на поверхности несжимаемой жидкости критерий Фруда может быть записан в виде:

$$Fr = \frac{h}{gT^2} \quad (6)$$

где h – высота волн; g – ускорение свободного падения; T – период волн.

Ограничения по параметрам волн необходимо для исключения заметного влияния молекулярной вязкости и капиллярных эффектов. Капиллярность можно не учитывать при условии, если длина волн на модели $\lambda_m > 20$ см. Чтобы пренебречь внутренней диссипацией энергии волн за счет вязкости, необходимо выполнение условия $\lambda_m > 400\sqrt{\nu * T}$.

В задаче, в которой рассматривается движение жидкости со свободной поверхностью, существуют случаи, когда трение в жидкости существенно, но влиянием молекулярной вязкости можно пренебречь - примерами такого рода являются течения с сильно развитой турбулентностью при больших числах Рейнольдса [10]. В таких условиях рассматриваются задачи о взаимодействии волн с обтекаемыми преградами или проницаемыми сооружениями. Моделирование сил сопротивления или сил гидродинамического воздействия в таких задачах сводится к моделированию формы и массы конструктивных элементов сооружений. При этом существует нижний предел размеров модели, который определяется из следующего условия: течение на модели должно быть турбулентным и автомодельным по числу Рейнольдса [10].

При обтекании тел различной формы эти требования будут выполнены при условии:

$$Re = \frac{V_m * L_m}{\nu} \geq 500 \div 1000 \quad (7)$$

где V_m – характерная скорость на модели; L_m – характерный размер обтекаемого тела.

Взаимодействие волн с проницаемой наброской становится независимым от числа Рейнольдса при:

$$Re = \frac{V_m * D_m}{\nu} \geq 1000 \quad (8)$$

где D_m – крупность элементов наброски.

Определение погрешности модели и её оценка проводятся по результатам анализа результатов множества опытов при одних условиях. Каждый опыт повторяется не менее трех раз. Повторяемость результатов опытов должна быть достаточно стабильной, и средняя квадратичная погрешность должна составлять не более 5%, а доверительный интервал – не менее 80-85% [5].

Систематические погрешности измерений характеристик волн возможно исключить путем независимого контроля с применением метода цифрового фотографирования и видеосъемки, а также применения волнографа. После анализа видео и фотосъемки параметры волн возможно определить по шкалам дальности и высот, нанесенных на стенки лотка или ограждения модели бассейна. Период волн возможно определить путем отсчета n -ого количества волн, проходящих через определенную отметку шкалы дальности в течение времени t .

Для обеспечения повторяемости результатов измерений в начале опыта конструкция волнопродуктора должна находиться в одном положении в течении всего периода испытаний. Для исключения влияния вторично отраженных от щита волнопродуктора волн в волновом лотке, измерения колебаний свободной поверхности и волновых нагрузок на сооружения осуществляются для первых 7-8 волн. При анали-

зе учитываются волны, начиная с 4-ой, когда период волн в лотке стабилизируется. По оставшимся четырем-пяти волнам результаты замеров усредняют.

Заключение. При постановке задачи физического моделирования динамики экологического состояния береговой зоны (волновая нагрузка, динамические процессы в пляжной зоне) следует учитывать комплекс параметров натурального объекта исследования, положения теории подобия для выявления закономерностей объекта.

Список литературы:

1. О.В. Басс. Современная концепция берегозащиты и гидротехнического строительства на морских берегах Калининградской области [Текст] / Проблемы территориального и промышленного развития / О.В. Басс // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. – 2015. – Вып. 1. – С. 138–144.
2. СП 38.13330.2012 Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые ледовые и от судов). Актуализированная редакция СНиП 2.06.04-82*. – Введ. 2013.01.01. – М.: Изд-во "Аналитик" 2013. – 112 с.
3. СП 277.1325800.2016 Сооружения берегозащитные. Правила проектирования. – Введ. 2017.06.17. – М. – 2017. – 91 с.
4. Ивасюк А.Ю. Разработка и обоснование проницаемого вдольберегового берегозащитного сооружения: дис. ... канд. наук: 05.23.07. – ОАО ЦНИИС, Москва, 2009. – 124 с.
5. Тлявлин Р.М. Проницаемые волногасящие гидротехнические сооружения в жестком каркасе: дис. ... канд. наук: 05.23.07. – ОАО ЦНИИС, Сочи, 2006. – 153 с.
6. Радионов А.Е. Взаимодействие волн большой амплитуды с гидротехническими сооружениями в зонах влияния подводных каньонов: дис. ... канд. наук: 05.23.16. – ОАО ЦНИИС, Москва, 2005. – 204 с.
7. Гухман А.А. Введение в теорию подобия. – М.: Высшая школа, 1973. – 296 с.
8. Клайн С.Дж. Подобие и приближенные методы. – М.: Мир, 1968. – 302 с.
9. Седов Л.И. Методы подобия и размерности в механике. – М.: Наука, 1987. – 423 с.
10. Дейли Дж., Харлеман Д. Механика жидкости / Перевод с английского под редакцией чл.-корр АН СССР О.Ф. Васильева. – М.: Энергия, 1971. – 480 с.

CONSTRUCTIVE FEATURES OF BIOPosITIVE BEACH-SECONDARY STRUCTURES: FEATURES OF CARRYING OUT PHYSICAL MODELING OF THE ENVIRONMENTAL CONDITION OF THE SHORE ZONE

N.M. Vetrova¹, E.M. Mennanov², E.E. Mennanov³

Academy of Construction and Architecture FSAEI of HE "KFU im. VI Vernadsky "
Simferopol, 295000, Russian Federation,

e-mail: ¹ хаос.vetrova.03@mail.ru, ²mennanov.elmar@mail.ru,

³menna-nov.emran@mail.ru

Abstract

The article reveals the features of the physical modeling of the dynamics of the ecological state of the coastal zone as one of the methods for solving practical problems of studying the dynamics of the coast.

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К РЕАЛИЗАЦИИ ЯДЕРНОГО ТОПЛИВНОГО ЦИКЛА

С.Е. Винокуров

*Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН,
Москва, 119991, Россия, e-mail: vinokurov@geokhi.ru*

Реализация замкнутого ядерного топливного цикла (ЯТЦ) двухкомпонентной атомной энергетики России предусматривает создание новых радиационно-безопасных технологий, в том числе обеспечивающих эффективную фабрикацию ядерного топлива, рециклирование ядерных материалов, сокращение объемов образующихся радиоактивных отходов (РАО) и надежную иммобилизацию отходов при использовании высокоустойчивых консервирующих матриц. Специалистами ГЕОХИ РАН совместно с сотрудниками организаций Госкорпорации «Росатом» проводятся исследования для решения данных задач, ниже приведены основные результаты этих работ.

Созданы научные основы новой технологии производства оксидного ядерного топлива с использованием СВЧ излучения, позволяющей существенно повысить эффективность процесса производства топлива путем значительного снижения количества потребляемой электроэнергии и объемов образующихся РАО. Установлено, что применение СВЧ нагрева позволяет получать из азотнокислых растворов урана или уранилнитрата порошок диоксида урана, пригодный для последующего изготовления топливных таблеток. Показано, что характеристики полученного порошка соответствуют нормативным требованиям к порошкам диоксида урана керамического сорта [1], в том числе: массовая доля урана – 88.1%; размер частиц порошка – 25-400 мкм; насыпная плотность с утряской – 2.7 г/см³; полная удельная поверхность – около 2.2 м²/г; массовая доля влаги в порошке – не более 0.1 масс.%. Экспериментальные образцы прессованных таблеток (рис. 1) массой 2.2-2.5 г и плотностью 5.4-5.9 г/см³ получали из порошков диоксида урана путем прессования под давлением 60 бар в течение 30 минут. Исследовано влияние температуры и времени высокотемпературной выдержки в различных режимах спекания при воздействии СВЧ излучения на свойства спеченных таблеток диоксида урана. Выбран оптимальный режим спекания таблеток, включающий нагрев таблеток с средней скоростью 9°С/мин до 1650°С, выдержку при этой температуре в течение 2 часов, а также охлаждение таблетки до 800°С со скоростью около 8°С/мин с последующим охлаждением до комнатной температуры со скоростью около 10°С/мин. При этом полученные таблетки имели плотность около 10.42 г/см³ (95% от теоретической плотности) и открытую пористость не более 0.25 об.% (рис. 1).



Рис. 1. Фотографии таблеток диоксида урана: (слева) прессованной и (справа) спеченной при воздействии СВЧ излучения

На реальных растворах образцов отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) реакторов ВВЭР-1000 показано, что слабокислые растворы нитрата Fe(III) при мольном

соотношении Fe(III) : U \geq 2.0 растворяют ОЯТ с количественным переходом U и Pu в раствор. При этом Fe частично выделяется в виде осадка основной соли совместно с частью продуктов деления – Ru (>90%), Mo (~90%), Tc (>60%) и Zr (40%) – уже на стадии растворения топлива. Вместе с U и Pu в раствор переходят Cs, Eu, Am. При соблюдении требуемых условий U и Pu могут быть отделены от раствора осаждением их пероксидов или количественно экстрагированы из этого раствора с помощью 30%-ного трибутилфосфата (ТБФ) в разбавителе Изопар. Присутствие в растворе Fe(NO₃)₃ с концентрацией \geq 1 моль/л значительно увеличивает коэффициенты распределения трансплутониевых (ТПЭ) и редкоземельных (РЗЭ) элементов, что позволяет извлекать их также 30%-ным ТБФ в разбавителе из слабокислого нитратного раствора.

Также был разработан новый способ выделения из растворов - имитаторов жидких РАО и последующего разделения америция и кюрия, в том числе используя их высшие состояния окисления. Выделение америция позволит его трансмутировать в реакторах на быстрых нейтронах (например, в разрабатываемом в настоящее время жидкосолевым реакторе), что приведет к значительному снижению объемов отходов для дорогостоящего глубинного захоронения. Установлено, что при экстракции 30%-ным ТБФ в разбавителе Изопар М трехвалентные трансплутониевые (ТПЭ) и редкоземельные (РЗЭ) элементы извлекаются более чем на 80% из растворов, содержащих 0.06–0.5 моль/л HNO₃ и высаливатель – NH₄NO₃ с концентрацией \geq 6 моль/л. Реэкстракция элементов из органической фазы осуществляется раствором 0.1 моль/л HNO₃. Показано, что коэффициенты разделения Am(III) и Eu варьируются от 1.8 до 2.0, что может быть использовано для их экстракционного разделения. Коэффициенты разделения Cm и Am(III) в 0.06–3 моль/л HNO₃ лежат в пределах от 1.1 до 1.2, поэтому разделение этих элементов следует проводить, используя высшие состояния окисления америция - Am(VI) и Am(V). Исследовано влияние различных факторов на устойчивость Am(VI) и определены условия нахождения Am(VI) и Am(V) в растворах \leq 0.1 моль/л HNO₃, содержащих 8 моль/л NH₄NO₃. Показано, что Cm практически полностью извлекается 30%-ным раствором ТБФ в Изопаре М, а Am лишь частично (\leq 30%) переходит в органическую фазу (ОФ) в форме Am(III) (таблица 1). При этом достигается высокая степень очистки Am(V), остающегося в водной фазе (ВФ), от Cm (\geq 99.9%). Фактор разделения Am/Cm составил 65. В перспективе на этой основе может быть разработана новая комплексная технология, совмещающая Пурекс-процесс и фракционирование ТПЭ с использованием единого экстрагента.

Таблица 1

Результаты экстракции Am(V) и Cm 30%-м ТБФ в Изопаре М из 0.1 моль/л раствора HNO₃, содержащего 8 моль/л NH₄NO₃

Раствор	Концентрация, моль/л		Коэффициент распределения		Степень извлечения, %		Фактор разделения Am/Cm
	Am(V)	Cm	Am	Cm	Am	Cm	
Исходный	$2.87 \cdot 10^{-4}$	$2.23 \cdot 10^{-6}$	–	–	–	–	–
ВФ	$1.97 \cdot 10^{-4}$	$7.03 \cdot 10^{-8}$	0.46	30.0	31.0	96.8	65
ОФ	$0.90 \cdot 10^{-4}$ ^a	$2.16 \cdot 10^{-6}$					

^aв органической фазе Am присутствует в виде Am(III)

Полученные после переработки ОЯТ отходы должны быть переведены в стабильную отвержденную форму, пригодную для долговременного контролируемого хранения и/или захоронения. Использование стандартных матриц (цемент, стекло) не позволяет эффективно отверждать некоторые новые для ЯТЦ виды РАО, а также

отходы, с которыми необходимо обращаться при выводе из эксплуатации радиационно-опасных объектов. В этой связи для иммобилизации РАО рассматривают минералоподобные матрицы, среди которых особый интерес представляет минералоподобная магний-калий-фосфатная (МКФ) матрица [2], синтезируемая при комнатной температуре в водном растворе.

Показано, что отверждение среднеактивных отходов (САО) сложного химического состава, содержащих актиниды и нитрат аммония, с использованием МКФ матрицы обеспечивает получение компаунда, характеристики которого соответствуют требованиям НП-019-15 [3] к цементному компаунду. При этом следует также отметить более высокую в сравнении с цементом плотность получаемого компаунда - около 1.8 г/см^3 - при оптимальной степени его наполнения солями САО около 20 мас%. Скорость выщелачивания ^{137}Cs и ^{90}Sr согласно теста [4] составляет $1.6 \cdot 10^{-4}$ и $6.9 \cdot 10^{-6} \text{ г/(см}^2 \cdot \text{сутки)}$. Установлена также низкая скорость выщелачивания ^{239}Pu и ^{241}Am из МКФ компаунда: $4.3 \cdot 10^{-7}$ и $1.8 \cdot 10^{-6} \text{ г/(см}^2 \cdot \text{сутки)}$, соответственно. Установлено, что компаунд (рис. 2) имеет высокую прочность на сжатие - около 15 МПа, в том числе его прочность также соответствует требованиям НП-019-15 (не менее 5 МПа) после радиационного облучения (доза 1 МГр), 30 термических циклов ($-40 \dots +40^\circ\text{C}$), а также 90-дневного погружения в воду.

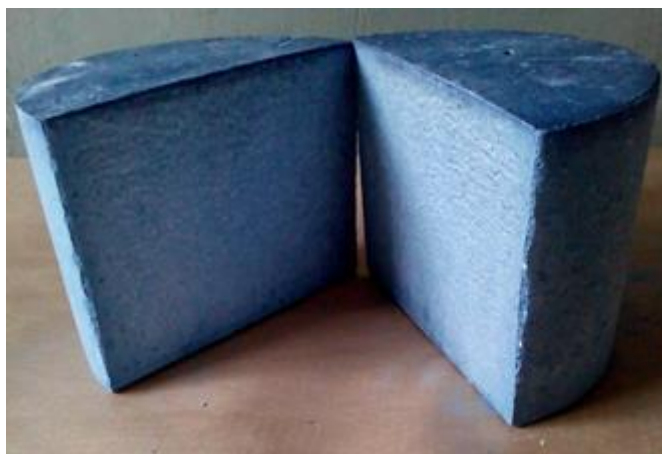


Рис. 2. Внешний вид образца МКФ компаунда с иммобилизованным модельным раствором САО, объем образца 20 л [5]

Для изучения возможности иммобилизации облученного графита (особые РАО) в МКФ матрицу были синтезированы образцы с содержанием 10-30 мас% графита с плотностью около 1.7 г/см^3 . Определено, что оптимальное наполнение компаунда графитом составляет 20 мас%. Установлено, что иммобилизация графита до 30 мас% в МКФ матрицу не влияет на ее гидролитическую устойчивость.

Исследованы различные способы отверждения $\text{BaCO}_3/\text{CaCO}_3$ как имитатора РАО, содержащих радиоуглерод, с использованием МКФ матрицы. Показано, что основной кристаллической фазой компаундов является синтетический аналог минерала К-струвит. Прочность на сжатие образцов МКФ компаундов с 10 мас% CaCO_3 значительно превышает нормативные требования (4.9 МПа) для цементных компаундов НП-019-15, в том числе после испытания на морозостойкость. Установлено, что дифференциальная скорость выщелачивания компонентов МКФ компаунда на 28 суток контакта компаунда с водой не превышает значения $1.0 \cdot 10^{-3} \text{ г/(см}^2 \cdot \text{сут)}$, а $(\text{CO}_3)^{2-}$ - не более $1.0 \cdot 10^{-7} \text{ г/(см}^2 \cdot \text{сут)}$ (рис. 3).

Таким образом, на основании результатов выполненных работ продемонстрированы перспективы и возможности новых технологий для реализации замкнутого ЯТЦ атомной энергетики.

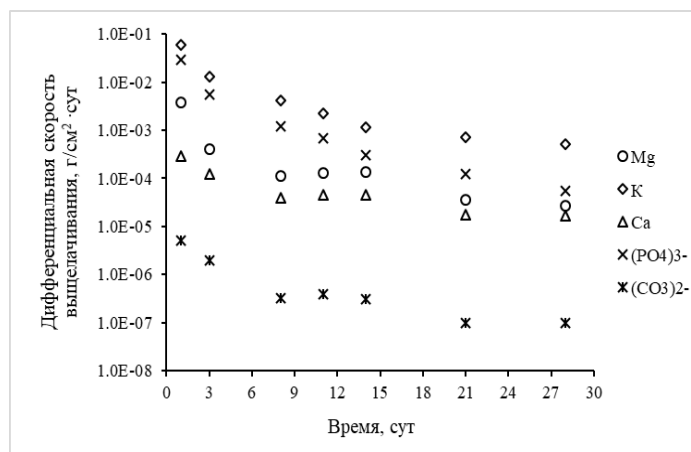


Рис. 3. Дифференциальная скорость выщелачивания компонентов компаунда, содержащего 10 мас% CaCO₃

Исследования частично выполнены за счет гранта Российского научного фонда (проект № 16-13-10539).

Список литературы:

1. ТУ 95 414-2005. Порошок диоксида урана керамического сорта с содержанием изотопа уран-235 менее 5,0%. Технические условия
2. Магний – калий – фосфатный компаунд для иммобилизации радиоактивных отходов: фазовый состав, структура, физико-химическая и гидролитическая устойчивость / С.Е. Винокуров, С.А. Куликова, В.В. Крупская, Б.Ф. Мясоедов // Радиохимия. 2018. Т. 60. № 1. С. 66-73.
3. НП-019-15. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии «Сбор, переработка, хранение и кондиционирование жидких радиоактивных отходов. Требования безопасности».
4. ГОСТ Р 52126-2003. Отходы радиоактивные. Определение химической устойчивости отвержденных высокоактивных отходов методом длительного выщелачивания. – М.: Госстандарт России, 2003.
5. Кондиционирование жидких среднеактивных отходов сложного химического состава с использованием низкотемпературной фосфатной матрицы / О.М. Слюнчев [и др.] // Вопросы радиационной безопасности. 2018. №1. С. 3-11.

NEW APPROACHES TO THE REALIZATION OF THE NUCLEAR FUEL CYCLE

S.E. Vinokurov

Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry of RAS,
Moscow, 119991, Russia, e-mail: vinokurov@geokhi.ru

Abstract

The scientific basis for energy-efficient production of oxide nuclear fuel using microwave radiation has been established. A new technology for reprocessing spent nuclear fuel using weakly acid solutions of iron nitrate has been successfully tested on real samples. It has been established that this technology allows the recycling of nuclear materials and can be adapted to the subsequent extraction separation of transplutonium and rare-earth elements, as well as the separation of americium and curium. The possibilities of using the mineral-like magnesium potassium phosphate matrix for immobilization of new types of radioactive waste were shown.

УДК 504.3.054

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА
ПЫЛЕАЭРОЗОЛЕЙ И РТУТНОЙ НАГРУЗКИ В ОКРЕСТНОСТЯХ
ЦЕМЕНТНЫХ ЗАВОДОВ НА ОСНОВЕ ИЗУЧЕНИЯ СНЕГОВОГО
ПОКРОВА (ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ)**

Д.А. Володина¹, А.В. Таловская²

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск, 634000, Россия, e-mail: ¹volodina.da2014@yandex.ru, ²talovskaj@yandex.ru*

Цементная промышленность вносит существенный вклад в загрязнение атмосферного воздуха. Воздействие на окружающую среду зависит от объемов производства. Из-за продолжительного залегания и способности накапливать и сохранять в себе загрязняющие вещества снежный покров используется многими исследователями [3, 6] для оценки техногенного воздействия на окружающую среду. В Западной Сибири на территории Кемеровской (г. Топки) и Новосибирской (г. Искитим) областях находятся цементные заводы одной холдинговой компании, годовые объемы производства которых 3,7 млн тонн и 2,1 млн тонн цемента, соответственно. Целью данной работы является проведение сравнительного анализа минерального и элементного состава пылеаэрозолей исследуемых территорий.

В конце февраля 2016 года в окрестностях цементного завода и жилой части г. Топки, расположенной в 5 км от предприятия, были отобраны пробы снежного покрова. Точки отбора проб снежного покрова располагались по векторной системе с учетом главенствующего направления ветра (юго-западное). Фоновым районом была выбрана деревня Каип, расположенная в 53 км от города Топки.

В начале марта 2019 года в г. Искитим Новосибирской области был осуществлен отбор проб снежного покрова в соответствии с главенствующим направлением ветра (юго-западное). Всего на исследуемой территории было отобрано 16 проб: в районе воздействия цементного завода, карьера по добыче известняка, а также в жилой части города. Фоновой территорией является Обсерватория «Фоновая» ИОА СО РАН (70 км от г. Томска), которая имеет статус Западно-Сибирской фоновой территории.

Пробы отбирались методом шурфа на всю мощность снежного покрова, исключая 5 см над почвой. Вес каждой пробы составлял 18-20 кг. Работы по отбору и подготовке снежных проб были выполнены согласно методическим рекомендациям [1, 2, 8]. Таяние проб снежного покрова происходило при комнатной температуре, полученная снеготалая вода фильтровалась через бумажный фильтр типа «синяя лента». Твердый осадок снега, полученный после фильтрования и высушивания, просеивали через сито (размер ячеек не менее 1 мм).

Расчет пылевой нагрузки был произведен по формуле [1]:

$$P_n = \frac{P_0}{S \times t}, \quad (1)$$

где P_0 – масса твердого осадка снега, мг;

S – площадь шурфа, м²;

t – количество суток от начала снегостава до дня отбора проб.

С помощью принятой градации по пылевой нагрузке [2] с дополнениями [1], определялась степень загрязнения и экологической опасности территории.

Измерения содержания ртути в исследуемых пробах было проведено в лаборатории микроэлементного анализа отделения геологии ИШПР ТПУ на атомно-абсорбционном спектрометре РА-915+ с пиролитической приставкой ПИРО. Исследование вещественного состава проб твердого осадка снега г. Топки и г. Искитим

был проведен рентгенофазовым анализом в лаборатории электронно-оптической диагностики отделения геологии ИШПР ТПУ на порошковом дифрактометре Bruker-Phaser D2.

Пылевая нагрузка. Значение фоновой пылевой нагрузки (д. Каип) составляет 9,2 мг/(м²·сут.), что сопоставимо с фоном для Западно-Сибирского региона (7 мг/(м²·сут.)) (с. Средний Васюган) [4].

Пылевая нагрузка в жилой части г. Топки соответствует низкой степени загрязнения, и превышает фон в 3 раза. В жилой части г. Искитим степень пылевого загрязнения также соответствует низкой степени загрязнения, но превышает фон в 10 раз (Таблица 1).

В пределах санитарно-защитных зон (цементный завод г. Топки – 1000 м, г. Искитим – 500 м) исследуемых предприятий пылевая нагрузка различна. В СЗЗ цементного завода г. Топки соответствует очень высокая степень загрязнения, г. Искитим – высокая степень пылевого загрязнения (Таблица 1).

В районе карьеров по добыче известняков и глин значение пылевой нагрузки для цементного завода г. Топки соответствует средней степени загрязнения, для завода г. Искитим – очень высокой степени загрязнения (Таблица 1).

Таблица 1

Значения пылевой нагрузки на снеговой покров в зоне воздействия цементных заводов г. Топки и г. Искитим

Зона	Среднее, мг/(м ² ·сут) завод в г. Топки (число проб)	Степень загрязнения, экологическая ситуация [1, 2]	Среднее, мг/(м ² ·сут) завод в г. Искитим (число проб)	Степень загрязнения, экологическая ситуация [1, 2]
Жилая	27,6 (6)	Низкая, неопасный	72,9 (3)	Низкая, неопасный
Санитарно-защитная зона	2124,0 (3)	очень высокая, чрезвычайно опасный	773,7 (3)	высокая, опасный
Карьер	273,9 (1)	средняя, умеренно-опасный	932,4 (1)	очень высокая, чрезвычайно опасный

Минеральный состав. Результаты анализа минерального состава показали, что пробы твердого осадка снега в зоне воздействия цементных заводов г. Топки и г. Искитим обогащены преимущественно минералами кальцита (CaCO₃) и кварца (SiO₂), среднее содержание которых в пробах достигает 85% и 6%, соответственно (Таблица 2). Кальцит и кварц -породообразующие минералы известняка – основного компонента сырьевой смеси для производства портландцементного клинкера. Пробы г. Топки также содержат альбит (Na[AlSi₃O₈]) и мусковит (KAl₂(AlSi₃O₁₀)(OH)₂). В пробах исследуемых территорий были обнаружены минералы цементного клинкера: браунмиллерит (Ca₂(Al, Fe⁺³)₂O₅) в пределах и за пределами санитарно-защитных зон и хатрурит ((Ca₃SiO₄)O) в пробе г. Топки за пределами санитарно-защитной зоны. Данные минералы являются минералами портландцементного клинкера, влияющими на скорость твердения цемента, его пористость и долговечность [7].

Ртутная нагрузка. Для цементного производства характерны выбросы ртути из за применяемых ртутьсодержащих компонентов. Фоновые содержания ртути равны 0,08 мг/кг [4].

В жилой части г. Топки содержания ртути соответствуют фоновым, тогда как средние содержания ртути в пробах из г. Искитим выше фона в 7,4 раза.

Таблица 2

Минеральный состав твердой фазы снега в зоне воздействия цементных заводов г. Топки и г. Искитим

Зона	Кристаллическая фаза, %	Кальцит (CaCO ₃), %	Кварц (SiO ₂), %	Браунмиллерит (Ca ₂ (Al, Fe+3)2O ₅), %	Хатрурит ((Ca ₃ SiO ₄)O), %	Альбит (Na[AlSi ₃ O ₈]), %	Мусковит (KAl ₂ (AlSi ₃ O ₁₀)(OH) ₂), %	Аморфная фаза, %
Цементный завод г. Топки								
Северная (расстояние от завода)								
0,5 км	86,2	83,7	6,6	-	-	6,3	3,4	13,8
0,9 км	82,6	94,2	3,2	2,5	-	-	-	17,4
1,2 км	82,8	62,3	3,5	4,9	29,3	-	-	17,2
2,3 км	83,4	88,8	4,8	6,5	-	-	-	16,6
Карьер	83,2	94,6	5,4	-	-	-	-	16,8
Цементный завод г. Искитим								
Юго-восточная (расстояние от завода)								
0,7 км	87,4	89,8	5,5	4,7	-	-	-	12,6
1,2 км	88,2	91,7	5,0	3,3	-	-	-	11,8

Средние содержания ртути в пределах санитарно-защитных зон цементных заводов различны. В СЗЗ цементного завода г. Топки средние содержания ниже фоновых почти в 6 раз, а в СЗЗ завода г. Искитим – средние содержания ртути выше фона в 6 раз (Таблица 3).

Таблица 3

Средние содержания ртути в твердой фазе снега в зоне воздействия цементных заводов г. Топки и г. Искитим

Зона	Среднее, мг/кг Завод в г. Топки	Среднее, мг/кг Завод в г. Искитим	Фон [4]
Жилая	0,050	0,590	0,08
Санитарно-защитная зона	0,014	0,481	
Карьер	0,014	0,090	

Таким образом, по результатам проведенных исследований были определены степени пылевого загрязнения территорий. Согласно градации по пылевой нагрузке [2], жилые части исследуемых территорий соответствуют низкой степени загрязнения, в г. Искитим значение пылевой нагрузки в жилой части города выше, чем в г. Топки, что, вероятно, связано с близким расположением цементного завода к жилой части города. Пылевая нагрузка в пределах санитарно-защитных зон завода в г. Топ-

ки соответствует очень высокой степени пылевого загрязнения, завода в г. Искитим – высокой. Такие различия, вероятно, обусловлены меньшим объемом производства цементного завода г. Искитим.

В пробах твердой фазы снега исследуемых территорий были обнаружены минералы цементного клинкера и породообразующие минералы основного компонента сырьевой смеси для производства цемента.

Содержания ртути в пробах твердой фазы снега различны: в г. Топки и в пределах санитарно-защитной зоны соответствуют фоновым содержаниям, в г. Искитим имеются превышения фоновых содержаний ртути. Различия в содержаниях ртути в пробах исследуемых территорий, вероятно, связаны с применением ртутьсодержащих добавок.

Эта работа была выполнена благодаря договору на пожертвование денежных средств между компанией British Petroleum и ТПУ №17715 от 14.09.2018 «Оценка элементного состава органоводородного топлива при подготовке и сжигании для решения вопросов экологической безопасности».

Список литературы:

1. Касимов Н.С. Геохимия снежного покрова в Восточном округе Москвы / Н.С. Касимов, Н.В. Кошелева, Д.В. Власов, Е.В. Терская // Вестник Московского ун-та. Сер. 5: «География». 2012. - № 4. С. 14–24.
2. Саэт Ю.Е. Геохимия окружающей среды / Ю.Е. Саэт, Б.А. Ревич, Е.М. Янин - М.: Недра, 1990. 335 с.
3. Рапута В.Ф., Таловская А.В., Коковкин В.В., Язиков Е.Г. Анализ данных наблюдений аэрозольного загрязнения снегового покрова в окрестностях Томска и Северска / В.Ф. Рапута, А.В. Таловская, В.В. Коковкин, Е.Г. Язиков // Оптика атмосф. и океана - 2011. - Т. 24, № 1. С. 74-78.
4. Таловская А.В. Ртуть в пылеаэрозолях на территории г. Томска / А.В. Таловская [и др.] // Безопасность в техносфере. – 2012. – № 2. – С.3034.
5. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. РД 52.04.186 № 2932-83. — М.: Госкомгидромет, 1991. — 693 с.
6. Бортникова С.Б. Методы анализа данных загрязнения снегового покрова в зонах влияния промышленных предприятий (на примере г. Новосибирска) / С.Б. Бортникова, В.Ф. Рапута, А.Ю. Девятова, Ф.Н. Юдахин // Геоэкология - 2009. - № 6. – С. 515–525
7. Цемент и известь / Под ред. П. Кривенко. Киев, 2008. 480 с.
8. Язиков Е. Г. Разработка методологии комплексной эколого-геохимической оценки состояния природной среды (на примере объектов юга Западной Сибири) // Известия Томского политехнического университета. - 2011. – Т. 304. – Вып. 1. – С. 325-336.

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE MINERAL COMPOSITION OF DUST AEROSOLS AND MERCURY LOAD IN THE CENTRAL FACTORIES OF THE CENTRAL PLANTS BASED ON THE STUDY OF SNOW COVER (WESTERN SIBERIA)

D.A. Volodina¹, A.V. Talovskaya²

National Research Tomsk Polytechnic University,

Tomsk, 634000, Russia, e-mail: ¹volodina.da2014@yandex.ru, ²talovskaj@yandex.ru

Abstract

The article presents the results of dust and mercury load in the area of location of two cement plants of one holding company. The results of X-ray phase analysis showed the presence in the samples of the solid phase of snow minerals of calcite and quartz, as well as minerals of cement clinker.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ИХТИОФАУНЫ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННОГО ОЗЕРА В СУБАРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА — ЮГРЫ

Д.С. Воробьев¹, И.Б. Бабкина¹, В.В. Перминова¹, Е.А. Калиновская²

¹Национальный исследовательский Томский государственный университет,
Томск, 634050, Россия, e-mail: vladaperm18@yandex.ru

²АО «Самолорнефтегаз», Москва, 117997, Россия,
e-mail: eakalinovskaya@smn.rosneft.ru

Загрязнение водоемов нефтью и нефтепродуктами является актуальной проблемой всех нефтедобывающих регионов, к которым относится Нижневартовский район ХМАО-Югры Тюменской области. По данным Института озераведения Российской Академии Наук в Ханты-Мансийском автономном округе расположено более 600 тыс. озер и искусственных водоемов общей площадью около 22,7 тыс. км², в том числе более 150 тыс. озер площадью более 0,01 км² и ряд озер меньшего размера.

В процессе мониторинга и проведения работ по очистке водных объектов широко применяются методы биоиндикации, в качестве объектов-индикаторов, наравне с беспозвоночными, используют и рыб. Рыбы обладают необходимыми свойствами, которые предъявляются к индикаторным организмам: они удобны для вылова и отбора проб органов и тканей, обладают крупными размерами, имеют сравнительно большую численность, накапливают токсиканты, имеют продолжительный жизненный цикл. В настоящее время для оценки состояния водных экосистем используется ряд ихтиоиндикационных методов, объединяемых под названиями: популяционно-видовой, паразитологический, этологический, физиологический, гистологический, биохимический, иммунологический, токсикологический и другие [4].

В 2017–2018 гг. проведены комплексные исследования двух озер: нефтезагрязненного без названия и фонового водоема, принятого «условно чистым» (оз. Ленинградское). Для определения состава ихтиофауны безымянного озера и контрольного водоема использовались набор ставных жаберных сетей, с шагом ячеи 22 мм, длиной 25 метров. Сети были установлены в северо-западной и юго-восточной части озера на 24 часа. Отлов рыбы проводился также на удочку. При первичной обработке оценивался видовой состав, численность и биомасса рыб в уловах. Неполный биологический анализ, проведен согласно стандартным ихтиологическим методикам [6]. В рамках биологического анализа рыб определен видовой, половой и возрастной состав, размерно-весовые характеристики рыб в уловах, изучено содержимое желудков.

Видовой состав ихтиофауны обоих озер по результатам отловов, представлен только одним видом – окунем (сем. Percidae). Окунь широко распространен в озерах, протоках и мелких реках Нижневартовского района. Отличается высокой экологической пластичностью, питается различными беспозвоночными и молодь рыб. Созревает на 2–4 году жизни, нерест весной в водоемах со стоячей водой, икру откладывает на водные растения. В целом окунь характеризуется хорошим ростом, отдельные особи достигают массы до 1.5 кг. Запасы в водоемах Нижневартовского района стабильны [3].

Возрастной и половой состав. Анализ уловов исследованных озер показал, что более 50% окуней представлены рыбами в возрасте 3+ лет. Возрастной ряд представлен особями от 2+ до 5+ лет, более старших особей отмечено не было. Средний возраст самок в оз. Ленинградском составил 2.9 лет, самцов 3.5, для обоих полов 3.1. Средний возраст самок окуня из безымянного озера составил 3.0, самцов 3.9 лет, для обоих полов 3.2. Соотношение полов в разных возрастных группах неодинаково. В

целом в обоих озерах преобладали самки в оз. Ленинградском в соотношении 2:1, в озере безымянном в соотношении 3:1.

Линейно-весовая характеристика. Окунь в уловах безымянного озера встречался с длиной тела от 98 до 222 мм (в среднем – 142.5 мм), в оз. Ленинградском с длиной тела от 134 до 210 мм (в среднем – 155.5 мм). Размерные характеристики в оз. Ленинградском несколько выше, чем в безымянном озере. Схожее соотношение наблюдается и по массе тела. В уловах безымянного озера окунь отмечен с массой тела от 17 до 165 г (в среднем – 55.8 г), в оз. Ленинградском от 43 до 149 г (в среднем – 67.8 г).

Сравнение размерных характеристик окуня из обследованных нами озер с литературными данными по окуню, обитающему в разных по типу и географическому расположению водоемах, показало, что он имеет средний рост. В целом размерно-весовые параметры окуня озер Нижневартковского района несколько ниже, чем в крупных реках, но выше, чем в озерах и затонах.

Питание. По способу питания окунь является факультативным хищником [2]. Молодь питается зоопланктоном (ракообразные: циклопы, бокоплавы), на втором году жизни, переходит на питание бентосом (личинки насекомых, особенно хирономид, поденок, стрекоз, ручейников), а затем и рыбами. Рыбную пищу (личинки и мальки рыб) окунь может использовать уже при длине 80–100 мм [5, 7]. Питается окунь в течение всего года, но наиболее интенсивно летом сразу после нереста, с массовым появлением какого-либо корма [1].

В желудках окуня при длине тела от 98 до 222 мм отмечено 5 компонентов (таблица 1) из которых наиболее часто встречающимися оказались личинки комаров и личинки стрекоз. В одном из желудков окуня из безымянного озера обнаружены следы углеводов (нефти). Рыбы в составе пищевых объектов окуня не обнаружено, то есть в питании окуня преобладают донные беспозвоночные.

Таблица 1

Компонентный состав содержимого желудков окуня озер
Нижневартковского района, август 2018 г.

Компонент	Оз. безымянное		Оз. Ленинградское	
	Экз.	%	Экз.	%
Хирономиды (личинки комаров)	4	22,2	9	81,8
Зоопланктон	2	11,1	1	9,1
Личинки стрекоз	11	61,1	–	–
Гусеницы (личинки чешуекрылых)	–	–	1	9,1
Остатки углеводов (нефть)	1	5,6	–	–
Кол-во исследованных желудков, экз.	31		13	
Кол-во пустых желудков, экз.	13		2	

Таким образом, можно заключить, что ихтиофауна исследуемого безымянного нефтезагрязненного озера очень скудна, окунь из уловов характеризуется сжатым возрастным рядом, несколько заниженными размерно-весовыми показателями по сравнению с фоновым водоемом (оз. Ленинградское). В питании преобладают донные беспозвоночные, которые, по всей видимости, и составляют кормовую базу окуня в исследуемом озере. В связи с этим можно заключить, что загрязненные углеводородами донные отложения значительно влияют на состояние гидробионтов на всех уровнях (донная фауна и рыбы).

Список литературы:

1. Гольд З. Г. Биология окуня Западной Сибири: автореф. дис. ... канд. биолог. Наук / З. Г. Гольд. – Томск, 1966. – 24 с.

2. Книжин И. Б. Сообщества рыб водоемов различного типа бассейна верхнего течения реки Лена: дис. ... канд биол. наук / И. Б. Книжин. – Иркутск, 1993. – 175 с.
3. Овечкин Ф. Ю. Рыбные ресурсы водоемов Нижневартовского района // Биологические ресурсы и природопользование: сборник научных трудов. – Нижневартовск: Изд-во Нижневартовского Пед. Ин-та, 1997. – Вып. 1 – С. 51–62.
4. Попов П. А. Оценка экологического состояния водоемов методами ихтиоиндикации. – Новосибирск: Новосибирский госуниверситет, 2002. – 270 с.
5. Попова О. А., Ассман А. В. Питание молоди окуня и ерша в прибрежной зоне Сязозера (Южная Карелия) / О. А. Попова, А. В. Ассман // Биология речного окуня. – М.: Наука, 1993. – С. 112–121.
6. Правдин И. Ф. Руководство по изучению рыб. М.: Пищевая промышленность, 1966. – 373 с.
7. Романова Г. П. Питание пойменно–речных рыб среднего течения р. Оби // Тр. Бараб. отд. ВНИОРХ. – Новосибирск. – 1949. – Т. III. – С. 23–42.

**ESTIMATION OF THE CONDITION OF THE ICHTHYOFAUNA
OF OIL-POLLUTED LAKE IN THE SUBARCTIC ZONE
OF KHANTY-MANSIY AUTONOMOUS DISTRICT — YUGRA
D.S. Vorobiev¹, I.B. Babkina¹, V.V. Perminova¹, E.A. Kalinovskaya²**

¹*National Research Tomsk State University, Tomsk, 634050, Russian Federation,
e-mail: vladaperm18@yandex.ru*

²*Samotlorneftegaz JSC, Moscow, 117997, Russian Federation,
e-mail: eakalinovskaya@smn.rosneft.ru*

Abstract

An assessment of the status of the ichthyofauna of the lake polluted by oil and the control lake Leningradskoe was carried out. The species composition of the ichthyofauna of both lakes according to the results of catches is represented by only one species - perch (family Percidae). The age range is represented by individuals from 2+ to 5+ years. The perch from catches is characterized by a compressed age range, an underestimated size and weight indicators compared with the control water body.

ВОДОРОСЛИ-МАКРОФИТЫ В БИОРЕМЕДИАЦИИ МОРСКОЙ ВОДЫ ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Г.М. Воскобойников¹, Л.О. Метелькова²

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, Мурманск, 183010, Россия,
e-mail: grvosk@mail.ru

²Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Санкт-Петербургский научно-исследовательский центр экологической безопасности РАН, Санкт-Петербург, 197110, Россия

Дизельное топливо (ДТ) является нефтепродуктом (НП), используемым морским транспортом, продуктом переработки нефти на береговых предприятиях. Именно ДТ часто становится основным загрязнителем морской среды, особенно прибрежных акваторий. Морские водоросли-макрофиты, населяющие литоральную и сублиторальную зоны побережья моря, оказываются наиболее подверженными влиянию данного токсиканта. Возросший в последние годы интерес к влиянию НП на макроводоросли обусловлен не только академическим интересом, но и возможной ролью макрофитов в биоремедиации морской воды. В Мурманском морском биологическом институте КНЦ РАН проведены натурные и лабораторные наблюдения за устойчивостью ряда представителей макрофитобентоса к влиянию ДТ, а также их способностью участвовать в биоремедиации прибрежных акваторий. Показано, что отдельные многолетние виды литоральных водорослей Баренцева моря способны существовать на камнях в слое НП, сохраняя при этом функциональную активность. Авторами данной работы выявлена способность у двух видов литоральных макроводорослей Баренцева моря: *Fucus vesiculosus* (Phaeophyta) и *Ulvaria obscura* (Chlorophyta) к поглощению ДТ и нейтрализации данного токсиканта [1]. Определено, что деструкция НП у ульварии и фукуса происходит всем талломом: начинается на поверхности водоросли с помощью эпифитных углеводородокисляющих бактерий (УОБ), что обеспечивает поглощение и нейтрализацию НП клетками растения. В аквариальных экспериментах было показано, что уменьшение содержания НП в воде идет параллельно с их накоплением в растениях.

Известно, что УОБ, образующие с водорослями-макрофитами взаимовыгодную симбиотическую ассоциацию, могут окислять почти все нефтепродукты, скорость деградации которых зависит от свойств микроорганизмов и соотношения углеводородов [2, 3, 4].

Для оценки роли водорослей-макрофитов в очистке морской воды было проведено исследование способности к нейтрализации ДТ у массовых видов с литорали и сублиторали Мурманского побережья Баренцева моря.

Материал и методы. Вегетативные талломы литоральных водорослей Баренцева моря: *Fucus distichus* (Phaeophyceae), *Palmaria palmata* (Rhodophyta) и сублиторального вида *Saccharina latissima* (Phaeophyceae) отбирали в губе Зеленецкая Баренцева моря 69°07'09" с.ш., 36°05'35" в.д.). Эксперименты осуществлялись на Дальнезеленецкой биостанции ММБИ КНЦ РАН при освещении 16–18 Вт/м² в термостатируемом боксе при температуре 8–10 градусов, которая является оптимальной для роста исследуемых водорослей. В профильтрованную морскую воду соленостью 33‰ добавляли летнее ДТ в количестве 1 мг/л, что составляет 20 ПДК для воды по содержанию НП. Данная концентрация ДТ в воде, обнаруживается в губах Баренцева моря, подверженных хроническому загрязнению.

Продолжительность эксперимента была 21 сутки. Каждые 7 суток образцы воды

и водорослей отбирали и анализировали: у водорослей визуальными и светооптическими методами состояние и морфологию талломов, а методом газовой хроматографии/масс-спектрометрии (ГХ/МС) валовое содержание НП в воде и водорослях.

Результаты и обсуждение. Анализ морской воды из губы Зеленецкая показал превышение ПДК в 4 раза по содержанию НП (200 мкг/л). Можно представить, что это стало результатом усиления судоходства маломерного флота в период отбора проб (июль). Сравнительный анализ общего содержания нефтепродуктов в контрольных образцах водорослей показал их наибольшее количество у *S. latissima* – 375 мкг/г, среднее у *F. distichus* - 160 мкг/г, а наименьшее у *P. palmata* - 124 мкг/г.

После внесения в морскую воду 1 мг/л ДТ (0 суток опыта) содержание в ней ДТ составило 1049 мкг/л. В эксперименте все водоросли продемонстрировали выраженную способность к постепенной очистке воды от внесенных НП. На рис. 1 показано, что в присутствии пальмарии валовое содержание НП в воде на 21-е сутки эксперимента уменьшилось в несколько раз по сравнению с началом и составило 226 мкг/л, что соответствует уровню контрольного образца до внесения ДТ.

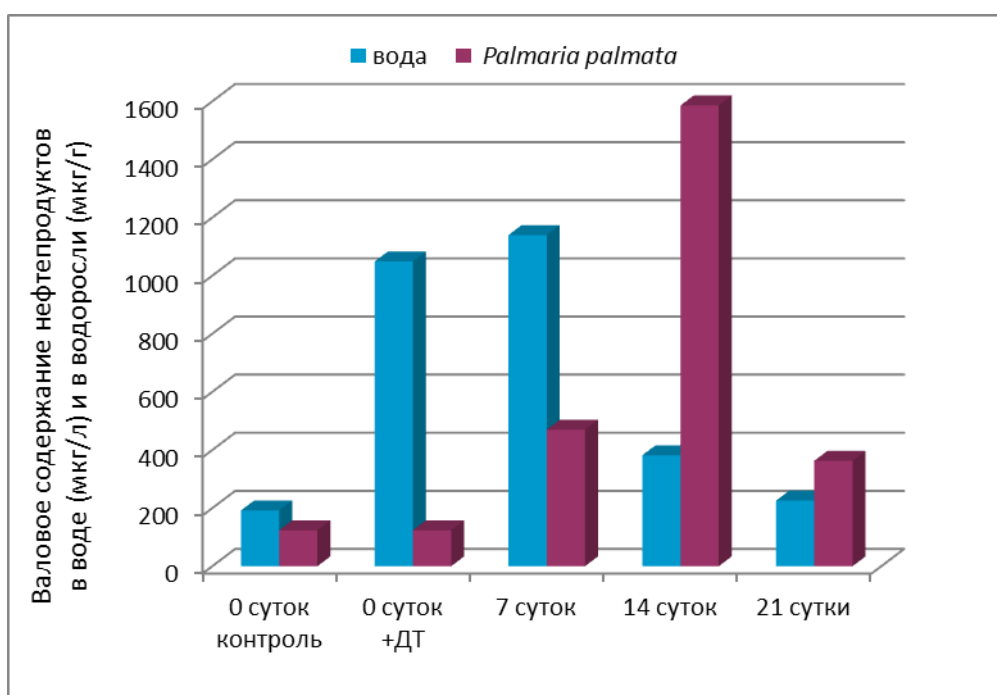


Рис. 1. Изменение валового содержания НП в воде и в водоросли в течение эксперимента.

В течение эксперимента морфологических отличий между контрольными и опытными растениями не наблюдалось. Также отсутствовали признаки плазмолиза в клетках, изменение окраски у таллома, что обычно наблюдается при воздействии повреждающих факторов.

В контрольном образце водоросли содержание НП составило 124 мкг/г. На рис. 3 можно увидеть, что максимальное значение содержания НП в водоросли на 14-е сутки составляло 1586 мкг/г, которое к 21 дню опыта значительно снизилось (рис. 3). Это может свидетельствовать не только о накоплении НП талломом водоросли, но и об их деструкции [1].

В опытах с *S. latissima* наблюдается быстрое очищение воды от внесенного ДТ. Сахарина «мгновенно» включается в процесс нейтрализации находящихся в воде НП и уже на 14-сутки эксперимента содержание НП близко по значениям к контрольной пробе, что отмечено в табл. 1а. (без внесения ДТ). После 14 суток и до конца опыта отмечалось увеличение содержания ДТ в воде (табл. 1 а), что возможно обусловлено разрушением отдельных частей таллома сахарины, повлекшим за собой вторичное загрязнение воды соединениями, адсорбированными ранее водорослью. К концу экс-

перимента в воде наблюдались небольшие фрагменты *S. latissima*, - результат постепенного разрушения таллома. В ходе опыта с *F. distichus* также, как и в предыдущих экспериментах с другими водорослями, отчетливо прослеживается снижение концентрации токсиканта в воде (табл. 2а) и параллельное увеличение содержания ДТ в талломе водоросли (табл. 2 б). Незначительное повышение валового содержания НП в воде на 21 день опыта может лишь свидетельствовать об активно протекающем процессе трансформации и, скорее всего, через неделю (на 28 сутки) этот показатель также пришел бы в норму.

Таблица 1

Содержание НП (мкг/л): а – в образцах воды; б – в водоросли *S. latissima* на разных стадиях эксперимента

a

	Мол. вес	Морская вода (без ДТ)	Вода + ДТ 0 суток	Вода + <i>S.latissima</i> 7 суток	Вода + <i>S.latissima</i> 14 суток	Вода + <i>S.latissima</i> 21 сутки
Содержание НП – мг/л		192 (4ПДК)	1049	532	203	444

б

	Мол. вес	<i>S.latissima</i> без ДТ 0 сут	Вода + <i>S.latissima</i> без ДТ 21 сут	Вода + <i>S.latissima</i> + ДТ 7 суток	Вода + <i>S.latissima</i> + ДТ 14 суток	Вода + <i>S.latissima</i> + ДТ 21 сутки
Содержание НП мкг/г сухого веса		375	165	715	604	250

Таблица 2

Содержание НП (мкг/л): а – в образцах воды; б – в водоросли *F. distichus* (мкг/г сухого веса) на разных стадиях эксперимента

a

	Морская вода (без ДТ)	Вода + ДТ 0 суток	Вода + <i>F.distichus</i> 7 суток	Вода + <i>F.distichus</i> 14 суток	Вода + <i>F.distichus</i> 21 сутки
Содержание НП мкг/л	192 (4ПДК)	1049	738	Нет данных	307

б

	<i>F. distichus</i> без ДТ 0 сут	<i>F. distichus</i> без ДТ 21 сут	<i>F. distichus</i> + ДТ 7 суток	<i>F. distichus</i> + ДТ 14 суток	<i>F. distichus</i> + ДТ 21 сутки
Содержание НП мкг/г сухого веса	160	52	198	325	268

Талломы фукуса двустороннего не имели каких-либо признаков повреждения, апикальные и старые части таллома не изменили окраску до конца эксперимента.

В табл. 2 б показано, что в тканях *F. disticus* максимальные концентрации НП зарегистрированы на 14-е сутки (как и у пальмариин), однако значения этих концентраций существенно ниже, чем у той же пальмариин и, тем более, у ламинарии. Это может означать, что фукус «неохотно» абсорбирует углеводороды НП - возможно, существенную роль здесь играет жесткая внешняя оболочка, защищающая водоросль от воздействия внешней среды, а, возможно, количество или состав углеводородокисляющих бактерий на поверхности таллома [2, 3, 5]. На 21-день содержание НП снизилось, но все еще превышает уровень контрольного образца без добавления ДТ

(табл. 2 б).

Исследованные водоросли до начала эксперимента обитали в среде с содержанием НП, незначительно превышающем ПДК (4 ПДК), где они прошли определенную адаптацию к нефтяному загрязнению. В условиях опыта, при содержании НП в воде 20 ПДК, они сохраняли физиологическую активность, проявляли выраженную способность к сорбции и деструкции НП. При этом уменьшение содержания компонентов ДТ в воде шло параллельно с их накоплением в водорослях. Исключением служит *S. latissima*, продемонстрировавшая в эксперименте большую сорбционную возможность, но меньшую устойчивость токсиканту. Вместе с тем, возможно, меньшая устойчивость сахарины вызвана условиями эксперимента (ограниченностью объема воды), а не воздействием ДТ. По-видимому, деструкция ДТ, наблюдаемая в эксперименте, происходит, как и у исследованных ранее водорослей (ульварии и фукуса) [1, 3, 6], всем талломом: начинается на поверхности водоросли с помощью эпифитных УОБ, что обеспечивает поглощение и нейтрализацию НП клетками растения. В пользу данного предположения свидетельствует отмеченное ранее на поверхности нескольких видов водорослей увеличение численности эпифитных углеводородокисляющих бактерий в условиях загрязнения НП среды обитания [1, 2, 3, 5].

Заключение. Результаты проведенного исследования и полученные ранее данные по влиянию ДТ на водоросли - макрофиты показывают способность большой группы макроводорослей к очистке морской среды от НП независимо от строения и систематической принадлежности. Предполагается, что основным фактором участия макроводорослей в биоремедиации является возможность образовывать симбиотические ассоциации с углеводородокисляющими микроорганизмами.

Эта работа была выполнена при поддержке Российского Фонда Фундаментальных исследований, грант № 18-05-80058, программа «Опасные явления».

Список литературы:

1. Воскобойников Г.М. Об участии зеленой водоросли *Ulvaria obscura* в биоремедиации морской среды от нефтепродуктов / Г.Г. Матишов, Л.О. Метелькова, З.А. Жаковская, Е.М. Лопушанская // Доклады РАН, 2018 – Т. 481, N 1. – С. 111-113.
2. Ильинский В. В. Влияние нефтяного загрязнения среды на состав и численность гетеротрофных эпифитных бактерий бурой водоросли *Fucus vesiculosus* / Г.М. Воскобойников, Д.В. Пуговкин, Т.И. Комарова, А.А. Адейкина // Вестник Южного научного центра РАН. – 2010. Т. 6, N 2. – С. 98–100.
3. Семенов А.М. Микроорганизмы на поверхности морских макрофитов в северных морях России и их возможное практическое использование / В.Н. Федоренко, Е.В. Семенова // Междисциплинарный научный и прикладной журнал «Биосфера», 2014. Т. 6, N 1. – С. 60-76.
4. Ramadass K. Toxicity of diesel water accommodated fraction toward microalgae, *Pseudokirchneriella subcapitata* and *Chlorella sp.* MM3. / M. Megharaj, K. Venkateswarlu, R. Naidu // Ecotoxicology and Environmental Safety, 2017. N 142. – P. 538-543.
5. Pugovkin D. V. Epiphytic bacterial communities of the algae *Fucus vesiculosus* in oil-contaminated water areas of the Barents Sea / A. Liaimer, J.B. Jensen // RAS reports, 2016. V. 471, N 1. P. 269–271.
6. Pilatti F. In vitro exposure of *Ulva lactuca* Linnaeus (Chlorophyta) to gasoline e Biochemical and morphological alterations / F. Ramlov, E. Schmidt, M. Kreusch, D. Pereira, Ch. Costa, E. Oliveira, Cl. de Bauer, M. Rocha, Z. Bouzon, M. Maraschin // Chemosphere, 2016. N 156. – P. 428-437.

**THE ALGAE-MACROPHYTES IN BIOREMEDIATION
OF MARINE WATER FROM DIESEL FUEL**

G.M. Voskoboynikov¹, L.O. Metelkova²

*¹Federal State Budgetary Institution of Science Murmansk Marine Biological Institute
of Kola Scientific Centre of Russian Academy of Sciences Murmansk, 183010, Russia,
e-mail: grvosk@mail.ru*

*²Federal State Budgetary Institution of Science Saint-Petersburg Science and
Researches Center of Ecological Safety of Russian Academy of Sciences
Saint-Petersburg, 197110, Russia*

Abstract

The results of research of the possible role of algae-macrophytes in bioremediation of marine water from diesel fuel (df) have shown that mass species of algae of the Barents Sea - *Fucus distichus*, *Saccharina latissima* (Phaeophyceae), *Palmaria palmata* (Rhodophyta), have sorption capacity for diesel fuel (DT). The analysis of diesel fuel has shown that decrease of diesel products in water goes parallel to their accumulation in algae. It was determined that destruction of diesel fuel in algae-macrophytes occurs including all the thallus: it begins from the surface of algae with the help of epiphytic hydrocarbon-oxidizing bacteria (HOB), which ensures the absorption and neutralization of diesel fuel by plant cells. It is suggested that algae's resistance to diesel fuel and it's ability to neutralize it don't depend on the systematic affiliation of the plant, but on the ability to form a symbiotic association with the HOB on the surface of thallus, the quantitative and qualitative characteristics of the microbiological component of association and tissue organization of thallus.

ПОЛУЧЕНИЕ И ИЗУЧЕНИЕ ВЫСОКОПОРИСТЫХ АКТИВНЫХ УГЛЕЙ ИЗ ОТХОДОВ ОРГАНОПЛАСТИКОВ

Ким Лонг Ву, Тхи Тхо Хоанг, Тхи Бик Нгок Чан, А.В. Нистратов, В.Н. Клушин
*Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева,
Москва, 125047, Россия, e-mail: relation.kl@gmail.com*

Задача утилизации отходов изделий из полимерных композиционных материалов (ПКМ) на многих предприятиях до сих пор остается актуальной [1]. В плане такой утилизации весьма многообещающие результаты получены, в частности, при исследованиях переработки названных отходов на основе органопластиков (ОП), образующихся на авиационных предприятиях, в активные угли [2,3].

Оптимизацией метода химической активации с гидроксидом калия из указанных отходов нами получен порошковый активный уголь (ПАУ) с весьма хорошими поглощательными свойствами. Однако адсорбенты в виде ПАУ имеют ограниченную сферу применения [4]. В этой связи в настоящем исследовании перед активацией проведена грануляция композиции из пропитанного КОН сырья и каменноугольной смолы (КУС) с получением гранулированного активного угля ГАУ, сохранившего свои очень хорошие свойства, что обуславливает возможность расширения области его применения.

При приготовлении порошкового активного угля методом химической активации (АУ-О₂-Опт) использовали следующую процедуру. Фрагменты отходов ткани из органопластика (препрега) О-2 размером ~2x2 см пропитывали в течение 3 ч 40 %-ным раствором КОН с обеспечением отношения масс сырья и КОН, равного 1:1,6, продукт пропитки высушивали в муфеле при 110±5 °С до постоянной массы и подвергали пиролизу в трубчатом реакторе, размещённом в электропечи, нагревая его со скоростью 15 °С/мин до 700 °С и выдерживая при этой температуре 45 мин. После остывания реактора уголь извлекали и тщательно промывали дистиллированной водой до рН~8, после чего вновь высушивали при 110±5 °С до постоянной массы.

Пропитку КОН сырья для приготовления ГАУ (АУ-О₂-Г₂) производили тем же способом. Высушенный импрегнат измельчали в порошок с размером частиц < 0,5 мм. Полученный порошок при температуре 80-90 °С смешивали с КУС в массовом отношении 78 к 22, добавляя в смесь 8 % воды [4]. Приготовленную пасту путем шприцевого формования превращали в гранулы диаметром 2,5 и длиной 20-25 мм. Сырые гранулы подсушивали на воздухе в течение суток, после чего подвергали пиролизу со скоростью нагревания 15 °С/мин до 780 °С и выдержкой при этой температуре в течение 1 ч. Полученный продукт промывали и высушивали, как описано выше.

Приведенные на рис. 1 фотографии обоих образцов, полученные методом СЭМ (на оборудовании Центра коллективного пользования РХТУ им. Д.И. Менделеева), свидетельствуют о весьма развитой их макропористой структуре. Однако в ГАУ АУ-О₂-Г₂ размеры макропор в целом значительно меньше, их формы существенно отличны от таковых ПАУ, а характер распределения более однороден. Помимо этого, можно утверждать появление заметного количества мезопор. Таким образом, совокупность этих изменений, очевидно связанная с процессами преобразования КУС в кокс, обуславливает увеличение прочности пористой структуры. Последняя исследована методом низкотемпературной адсорбции азота (также на оборудовании Центра коллективного пользования РХТУ им. Д.И. Менделеева). Изотермы его адсорбции и десорбции при 77 К на обоих образцах представлены на рис. 2.

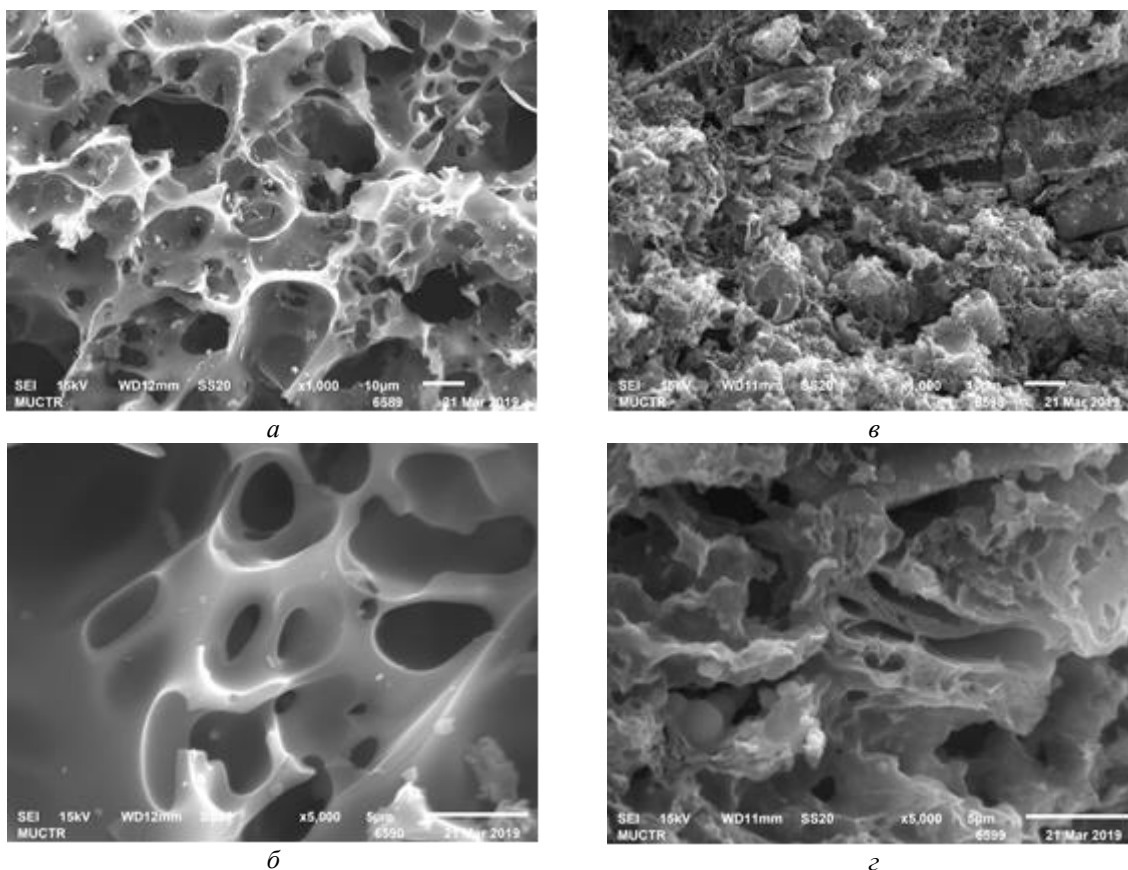


Рис. 1. Электронные снимки адсорбентов на основе органопластиков АУ-О2-Опт (а, б) и АУ-О2-Г2 (в, г): кратность увеличения $\times 1000$ (а, в) и $\times 5000$ (б, г)

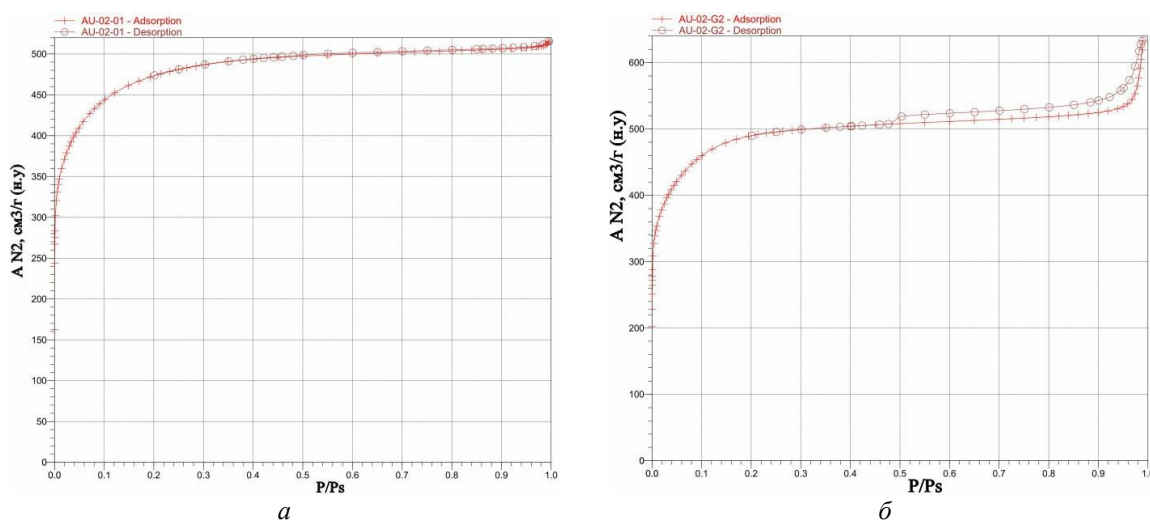


Рис. 2. Изотермы адсорбции и десорбции азота при 77 К на углях АУ-О2-Опт (а) и АУ-О2-Г2 (б)

Зависимости рис. 2 позволяют отнести оба угля к I-му структурному типу согласно классификации Брунауэра-Деминга-Деминга-Теллера [5]. Соответственно, предельное количество адсорбата больше зависит от доступного объема микропор, чем от площади внутренней поверхности, то есть определяется преимущественно объёмным заполнением микропор. Именно об этом свидетельствуют данные рис. 2: во всем интервале изменения относительного давления основной прирост величины поглощения обусловлен заполнением микропор. Различие между ПАУ и ГАУ, помимо демонстрируемых ими величин поглощения азота при одинаковых значениях P/P_s , заключается в том, что при $P/P_s > 0,95$ ГАУ поглощает дополнительное количество азота, а кривые адсорбции и десорбции не совпадают. Последнее подтверждает

наличие в ГАУ некоторого количества мезопор, достаточно четко фиксируемое рис. 1-г. В образце же ПАУ, судя по форме изотермы, содержатся практически только микропоры [5].

Расчитанные показатели пористой структуры и данные лабораторного тестирования ПАУ и ГАУ представлены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Показатели структуры пор полученных адсорбентов
(по методам БЭТ, БДХ и Д/А согласно данным по адсорбции азота при 77 К)

Показатель	Образец	
	АУ-О2-Опт	АУ-О2-Г
Объём микропор $V_{ми}$, см ³ /г (t-график)	0,674	0,714
Объём мезо- и макропор (1,7-300 нм), см ³ /г (БДХ)	0,036	0,203
Средний диаметр пор, нм (БДХ)	4,6	14,3
Удельная поверхность $S_{уд}$, м ² /г (БЭТ)	2200	2272
Предельный объём микропор W_0 , см ³ /г (Д/А)	0,629	0,708
Удельная поверхность микропор $S_{ми}$, м ² /г (Д/А)	1518	1716

Таблица 2

Результаты лабораторного тестирования полученных адсорбентов

Показатель	Образец		
	АУ-О2-Опт	АУ-О2-Г	
Форма угля	Порошок	Гранулы	
Выход, %	34	40	
Прочность при истирании, %	до 38	не менее 56	
Суммарный объём пор, см ³ /г	2,8	3,1	
Объём сорбирующих пор (см ³ /г) по парам:	H ₂ O	0,395	0,385
	C ₆ H ₆	0,450	0,618
	CCl ₄	0,357	0,334
Адсорбционная активность (мг/г) по:	йоду	1182	1208
	метиленовому голубому	348	356

Анализ данных этих таблиц указывает на преобладание микропор в обоих адсорбентах (95 и 78 % суммарных объемов микро-, мезо- и макропор соответственно для ПАУ и ГАУ). В сочетании с данными о среднем диаметре пор видно, что добавка КУС и воды к импрегнированному сырью обуславливает значительное развитие мезопор ГАУ, хотя параметры микропор обеих форм угля близки. Более точная оценка по методу Д/А (Дубинина-Астахова) выявляет объём микропор для ПАУ и ГАУ до 0,629 и 0,708 см³/г соответственно. Удельная поверхность микропор 1518 (для ПАУ) и 1716 м²/г (для ГАУ) вносит наибольший вклад в общую удельную поверхность этих адсорбентов. Значения этих показателей превосходят аналогичные промышленных активных углей, например ФАС (объём микропор 0,45 см³/г, поверхность микропор 1200-1400 м²/г), АГ-3 (объём микропор 0,25 см³/г, поверхность микропор 800-1000 м²/г) [6]; по суммарному объёму пор 3,1 см³/г - ранее полученные угли из органопластика (суммарный объём пор только 0,78 см³/г [7]).

После 60 мин контакта ГАУ с парами н-бутанола (бутанол – легко воспламеняющееся токсичное вещество с ПДК_{р.з.}= 10 мг/м³, широко используемое во многих производствах) при P/Ps=1 и температуре 20 °С, как свидетельствуют кривые рис. 3, достигается его максимальная ёмкость ~ 400 мг/г, тогда как для угля AP-A такая ём-

кость в тех же условиях составляет только 245 мг/г и обеспечивается лишь к 110-й минуте, что свидетельствует о кинетическом превосходстве полученного ГАУ.

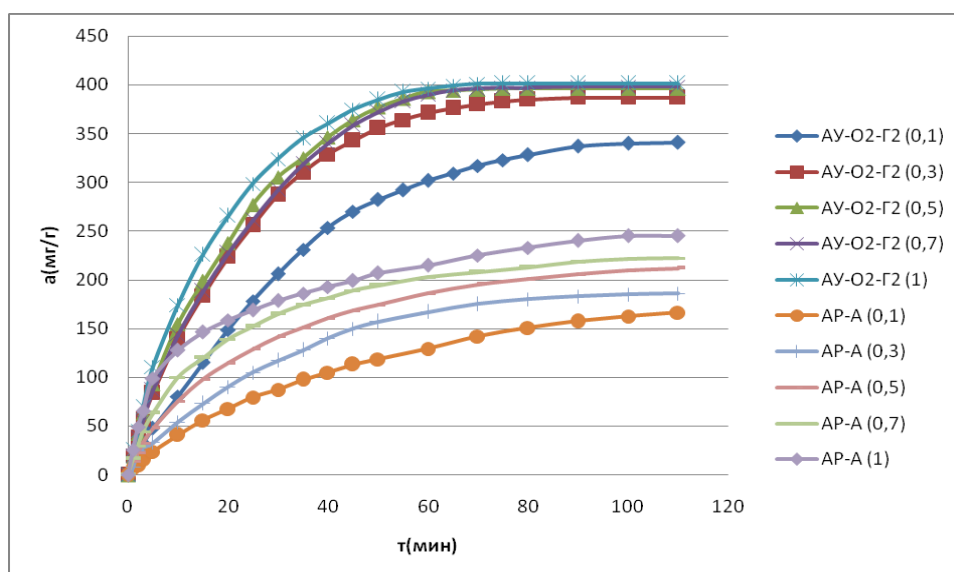


Рис. 3. Кинетика адсорбции н-бутанола из его смесей с воздухом при 20 °C при различных величинах P/Ps (указаны в скобках) активными углями АУ-О2-Г2 (гранулы диаметром 2,5 и длиной 10-20 мм) и АР-А (фракция 2-4 мм)

По равновесным данным (при насыщении углей согласно рис. 3) построены изотермы адсорбции бутанола, представленные на рис. 4. Форма его изотерм также указывает на принадлежность обоих адсорбентов к I-му структурному типу, содержащему в основном микропоры, а их расположение свидетельствует, что при любом относительном давлении паров бутанола величина их адсорбции углем АУО2-Г2 в два раза выше, чем углем марки АР-А.

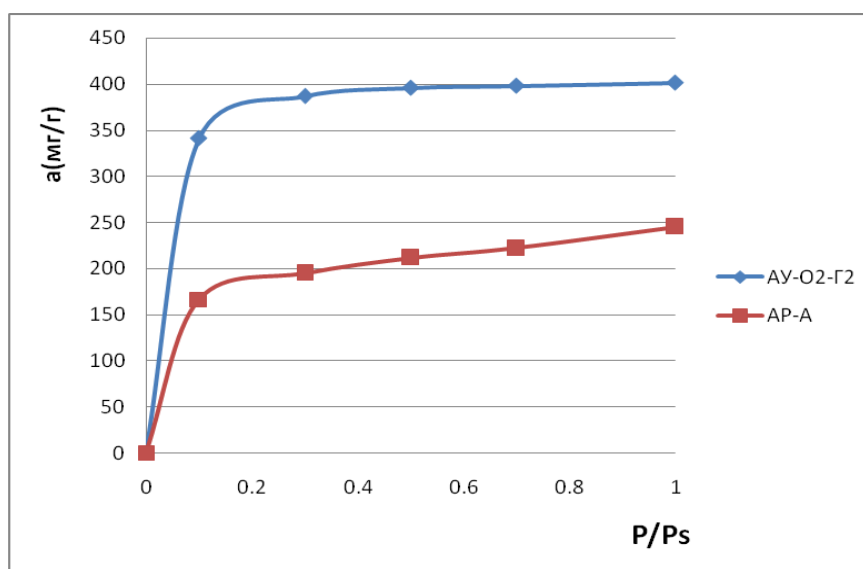


Рис. 4. Изотермы адсорбции паров н-бутанола из его смесей с воздухом при 20 °C активными углями АУ-О2-Г2 (гранулы диаметром 2,5 и длиной 10-20 мм) и АР-А (фракция 2-4 мм)

Таким образом, изложенная информация позволяет констатировать, что путем охарактеризованной утилизации названных отходов могут быть получены гранулированные активные угли весьма высокого качества, по существу, единственным недостатком которых является относительно невысокая (на уровне 60 %) прочность при истирании.

Список литературы:

1. Нистратов А.В., Ву К. Л., Клушин В.Н., Мишкин С.И., Дориомедов М.С., Дасковский М.И. Термографическое исследование отходов угле- и органопластиков как средство оценки рациональных условий их деструкции. Труды ВИ-АМ. 2017. № 11. С. 98-106.
2. Ву К. Л., Нистратов А. В., Клушин В.Н. Влияние добавки гидроксида калия на показатели качества активного угля при термообработке отходов органопластика. // Труды III всероссийской научной конференции (с международным участием) «Актуальные проблемы теории и практики гетерогенных катализаторов и адсорбентов» г. Иваново. 26-30.06.2018. Том 1. С. 75-76.
3. Ву Ким Лонг, Нистратов А.В., Клушин В.Н. Влияние режима активации на показатели пористой структуры активных углей из отходов органопластика // Успехи в химии и химической технологии. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева. 2018. Т. XXXII. № 12. С. 44-45.
4. Мухин В. М. и др. Производство и применение углеродных адсорбентов: учеб. Пособие В. М. Мухин, В. Н. Клушин – М.: Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева, 2012.-308с.
5. Вячеславов А.С., Ефремова М. Определение площади поверхности и пористости материалов методом сорбции газов. М. МГУ им. М.В. Ломоносова. 2011. 65 с.
6. Мухин В. М. и др. Активные угли. Эластичные сорбенты. Катализаторы, осушители и химические поглотители на их основе: Каталог/Под общ. ред. В. М. Мухина. – М.: Издательский дом «Руда и металлы», 2003. – 208 с.
7. Храмова Г.Б. Разработка технологии получения активных углей из отходов органопластиков. Дисс. к.т.н. М.: МХТИ им. Д.И. Менделеева, 1992.

PRODUCTION AND STUDYING OF HIGH-POROUS ACTIVE CARBON FROM WASTE ORGANOPLASTICS

Kim Long Vu; Thi Tho Hoang; Thi Bich Ngoc Tran; A. V. Nistratov, V. N. Klushin
*Mendeleev University of Chemical Technology of Russia,
Moscow, 125047, Russia, e-mail: relation.kl@gmail.com*

Abstract

The conditions for the processing of waste from the production of aircraft-based products on the basis of organoplastics into powder and granulated activated carbons by chemical activation with potassium hydroxide are characterized. Using standard tools, their porous structure and absorptive capacity are estimated. Comparative studies of the kinetics and equilibrium in the systems "vapor-air mixture of n-butanol - active carbon" revealed a significant superiority of the use of the obtained granulated activated carbon in comparison with AR-A activated carbon in solving the problems of volatile organic solvents recovery.

УДК 556.537

**АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ НАПРЯЖЕННОСТИ
ПОЙМЕННО-РУСЛОВЫХ КОМПЛЕКСОВ МАЛЫХ РЕК
УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ
(НА ПРИМЕРЕ Г. НОВОСИБИРСКА)**

А.В. Высоких¹, Н.В. Синеева²

*НГАСУ (Сибстрин), г. Новосибирск, 630008, Россия,
e-mail: ¹Deadmorozzzzer@gmail.com, ²sineeva@sibstrin.ru*

Актуальность исследования пойменно-русловых комплексов (ПРК) малых рек урбанизированных территорий связана с высокой востребованностью приречных территорий особенно в настоящее время в связи с плотной застройкой, интенсивным освоением новых территорий, как следствие, усилением опасных проявлений русловых деформаций и экологической напряженностью ПРК.

С одной стороны, речные русла и поймы связаны между собой как генетически (пойма - производная развития русла), с другой – поймы и русла оказывают взаимное влияние друг на друга. Естественное изменение русел и антропогенная их трансформация определяют не только речную составляющую экологической напряженности, но и оказывают влияние на ландшафты пойм, несмотря на их большую ширину и относительную удаленность пойменных ландшафтов от самой реки. Решение задачи – дать единую оценку экологической ситуации пойменно-руслового комплекса, интегрирующую частные проявления последствий использования водных ресурсов, эксплуатации рек различными отраслями хозяйства, строительства на их берегах и антропогенного изменения ландшафтов пойм, в том числе связанные с естественным развитием русловых процессов.

К процессам и явлениям, определяющим экологическое состояние малых рек, относятся антропогенное заиление и деградация русел, их пересыхание, изменения пойменных ландшафтов, а также их пересечение коммуникациями, застройка и т.п. [1]. Перечисленные явления существенно отличаются по своей структуре, способу измерения и характеру распространения. Оценка экологической напряженности, связанная с каждым видом процессов или антропогенных изменений ПРК ранжируется по пяти градациям, каждой из которых в зависимости от степени влияния присваивался свой балл: отсутствие негативного влияния соответствует 0 баллам; явления, вызвавшие наиболее неблагоприятные последствия – 5 баллам. Введение балльной оценки, во-первых, подчеркивает экологическое состояние водного объекта, связанное с заилением или техногенными изменениями русел, размывами берегов и др., облегчает сравнение по этим показателям удаленных друг от друга территорий и рек. Во-вторых, это дает возможность получить интегральную оценку экологической напряженности рек с учетом всех факторов, ее определяющих. Подсчет суммы баллов производится с учетом весовых поправочных коэффициентов в зависимости от степени влияния фактора [1]. Полученный обобщенный критерий оценки экологической напряженности ПРК позволяет проводить районирование территорий по степени антропогенной измененности и неблагоприятных (опасных) проявлений для жизни людей и их хозяйственной деятельности и может быть использован для обоснования рекомендаций инженерных мероприятий по снижению экологической напряженности.

Объектом настоящего исследования являются пойменно-русловые комплексы малых рек города Новосибирска, которые рассматриваются как потенциальные резервы городской среды, обладающие большой динамикой функций и высоким природным потенциалом.

Ретроспективный анализ характера освоения ПРК г. Новосибирска позволил выявить смены градостроительных приоритетов в организации пойменно-русловых комплексов, что отражает характер взаимодействия природной и антропогенной систем [2]. На первом этапе – осуществление стратегии стихийной экспансии природных ресурсов с акцентированием портовой и общественно-деловой функций в структуре ПРК на основе линейной планировочной структуры с последующим развитием глубинных связей с городом. Начиная с 1930-х годов, происходит быстрое развитие береговых зон под влиянием размещения крупных промышленных предприятий, чему способствуют железнодорожные пути и сами водные артерии, издревле имевшие коммуникативное значение. Это формирует круг основных проблем прибрежных территорий: несбалансированная территориально-планировочная структура приречных территорий; отсутствие четкого рекреационного зонирования и сформированных выходов к водным объектам; неразвитый ландшафтно-экологический каркас в целом. Положение рек усугубляется загрязнением крупными промышленными узлами города, что затрудняет использование прилегающих территорий для целей рекреации и нарушает их экологический баланс. С 1981 года вводится ограничение на новое промышленное строительство в прибрежных зонах крупных городов и ставится вопрос о реконструкции действующих предприятий с целью приведения их в соответствие с экологическими нормами. В конце 1990-х годов и по настоящее время образовалась тенденция, характеризующаяся тяготением высококомфортного многоквартирного жилья к прибрежным зонам города. В настоящее время малые реки города Новосибирска используются для сбора поверхностных стоков без их соответствующей очистки, отвода сточных вод предприятий и населения, а также рекреации. Существуют несанкционированные свалки бытовых отходов, крупногабаритного мусора возле водных объектов. Основными источниками загрязнения также являются продукты эрозии берегов, повреждения береговой растительности вследствие градостроительства. Как следствие, малые реки подвергаются загрязнению [3, 4].

Интегральная экологическая оценка пойменно-русловых комплексов малых рек города Новосибирска осуществлялась в три этапа: 1 – выделение основных явлений и процессов, оказывающих наиболее заметное влияние на экологическое состояние русел и пойм рек и вызывающих их неблагоприятные изменения; 2 – обоснование критериев оценки экологической напряженности по каждому из факторов и их ранжирование; 3 – получение обобщающего показателя экологического состояния пойменно-руслового комплекса, который учитывает влияние каждого частного явления и процесса на общую экологическую обстановку в долинах рек.

В рамках исследования проводилась интегральная оценка пойменно-руслового комплекса всех семи малых рек города Новосибирска (длина реки до 50 км): Тула, Ельцовка, Ельцовка-1, Ельцовка-2, Каменка, Камышовка, Плющиха. Оценка проведена на основе данных из сборников, отчетов [5 – 9], а также данных о состоянии русел и пойм, включая заиление, размывы берегов, механическое изменение поймы, полученных по результатам ежегодных обследований НГАСУ (Сибстрин). Ниже представлена интегральная оценка пойменно-руслового комплекса малых рек Каменка и Ельцовка-1 города Новосибирска, открытые русла которых протекают по высоко урбанизированным территориям.

Река Ельцовка 1-я – малая река, протекающая по территории города Новосибирска. Длина реки составляет 9 км, площадь водосборного бассейна 24 км². Большой частью (около 70 % от длины) река заключена в коллектор на двух участках: от истока до ул. Ипподромской (3,63 км), а также от ул. Красный Проспект до ул. Владимирской (2,52 км). При этом на участках открытого русла река испытывает серьезное антропогенное влияние (рис. 1). По результатам интегральной оценки реке Ельцовке 1-ой присваивается четвертый интегральный балл из пяти, так как за-

илено 95% по длине, берега размываются со скоростью 10 см/год (до 30 см/год на некоторых участках), водоносность понижается на 30%, на поймах сильная плотность застройки, также присутствует полное механическое изменение поймы. Совокупность этих факторов, представленных в таблице 1, создает сильную экологическую напряженность на реке.



Рис. 1. Фотографии обследования малой реки Ельцовка 1-я (11 апреля 2019)

Таблица 1

Интегральная оценка пойменно – руслового комплекса реки Ельцовка 1-я

Факторы	Балл	Весовой коэффициент	Итоговый балл
Заиление	5	1,0	5
Размывы берегов	2	0,6	1,2
Сезонное пересыхание	0	0,8	0
Уменьшение водоносности	3	1,0	3
Изменение пойменных ландшафтов	3	0,6	1,8
Механическое изменение поймы	5	1,0	5
Итого			16

Река Каменка – малая река, протекающая по территории Новосибирской области (в юго-западном направлении через посёлки Витаминка, Советский, Восход, село Каменка, город Новосибирск), является правым притоком Оби. Длина реки составляет 25 км. Площадь бассейна 130 км². В нижнем течении пересекает Дзержинский, Центральный и Октябрьский районы города Новосибирска. На протяжении 6,1 км в центральной части города заключена в коллектор. В начале XX века на берегу Каменки были устроены каменоломни, где добывали гранит. В 1925 году через реку был построен автомобильный мост. В 1967 году начались работы по замытию реки в коллектор. В 1992 году работы завершены, в настоящее время над коллектором реки располагается ул. Ипподромская. В целом река заключена в коллектор на расстоянии около 5,3 км (более 20%) на участке от ул. Кошурникова до устья.

По результатам интегральной оценки, реке Каменке присваивается третий интегральный балл, так как заилено 90% по длине, берега размываются со скоростью 10-15 см/год, в течение года река не пересыхает и не снижает водоносность. На поймах очень сильная плотность застройки, также присутствует полное механическое изменение поймы. Совокупность этих факторов, представленных в таблице 2, создает среднюю экологическую напряженность на реке.

Таким образом, река Каменка относится к группе со средней экологической напряженностью (как и большинство рек города Новосибирска), а Ельцовка 1-я – к группе с сильной экологической напряженностью пойменно-русловых комплексов.



Рис. 2. Фотографии обследования малой реки Каменка (12 апреля 2019)

Таблица 2

Интегральная оценка пойменно – руслового комплекса реки Каменка

Факторы	Балл	Весовой коэффициент	Итоговый балл
Заиление	5	1,0	5
Размывы берегов	2	0,6	1,2
Сезонное пересыхание	0	0,8	0
Уменьшение водоносности	0	1,0	0
Изменение пойменных ландшафтов	4	0,6	2,4
Механическое изменение поймы	5	1,0	5
Итого			13,6

Понимание степени экологической напряженности дает возможность определения инженерных мероприятий по ее снижению [10]. В рамках данного исследования предлагается для рек со средней экологической напряженностью – укрепление берегов, механическая и гидравлическая расчистки русла; рекам с сильной экологической напряженностью – те же мероприятия, а также необходимо восстановление водного баланса – комплекс работ, направленный на увеличение сбора поверхностных стоков, а также контроль за забором воды из реки.

В целом, сегодня Новосибирск, как и любой крупный постиндустриальный город, нуждается в реконструкции береговой застройки и продуманной стратегии использования пойменно-русловых комплексов малых рек.

Список литературы:

1. Чалов Р. С. Экологическое русловедение / Р.С. Чалов, К. М. Беркович, А. В. Чернов // – М., 2000. – 331 с.
2. Баландин С.Н. Новосибирск: история градостроительства 1893 - 1945 гг. – Новосибирск: Зап.-Сиб. кн. изд., 1978. – 133 с.
3. Синеева Н.В. Гидролого-экологический мониторинг устьевой области р. Ини / Н.В. Синеева // Труды Новосибирского государственного архитектурно-строительного университета (Сибстрин). – Новосибирск, 2008. – Т. 11. № 1. – С. 54-59.
4. Sineeva N.V. Estimation of erosion-accumulative processes at the Inia River's mouth near high-rise construction zones / E3S Web of Conferences. – 2018. – Volume 33 № 02050 Scopus, p. 9.
5. Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 15. Алтай и Западная Сибирь. Выпуск 2. Средняя Обь. 1972.
6. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Том 1. РСФСР. Выпуск 10. Бассейны Оби (без бассейна Иртыша), Надыма, Пура, Таза.
7. О состоянии и об охране окружающей среды Новосибирской области: государственный доклад. – Новосибирск.
8. Обзор состояния окружающей среды в г. Новосибирске – Новосибирск.
9. Ежегодник качества поверхностных вод и эффективности проведения водоохраных мероприятий по результатам «ведомственной сети наблюдений» на

территории Новосибирской области (разные годы). – Новосибирск: ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС».

10. Суздалева А.Л. Техногенез и деградация поверхностных водных объектов / А.Л. Суздалева, С.В. Горюнова // – Москва: ИД «ЭНЕРГИЯ», 2014. – 444 с.

**ANALYSIS OF THE ECOLOGICAL TENSENESS
OF THE FLOODPLAIN-CHANNEL SMALL RIVERS' COMPLEX
OF URBANIZED TERRITORIES (ON THE EXAMPLE
OF THE CITY OF NOVOSIBIRSK)**

A.V. Vysokih¹, N.V. Sineeva²

*¹UNESCO Department, Novosibirsk State University of Architecture and
Civil Engineering (SIBSTRIN), Novosibirsk, 630008, Russia,
e-mail: ¹Deadmorozzer@gmail.com, ²sineeva@sibstrin.ru*

Abstract

There was analysis of the ecological tenseness of the floodplain-channel small rivers' complex of the Novosibirsk in connection with their compact planning, intensified development, and as a consequence, the intensification of dangerous channel deformations and their increasing ecological tenseness.

ПРИМЕНЕНИЕ НАНОПОРОШКА КАРБИДА ВОЛЬФРАМА ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК БЕТОНА

В.М. Гавриш, Т.В. Чайка, О.П. Гавриш, С.А. Федорова
ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,
г. Севастополь, 299053, Россия e-mail: vmgavrish@sevsu.ru

На сегодняшний день одной из актуальных задач для Севастополя и Крыма является инженерная защита объектов естественного и искусственного происхождения мористой и береговой части от воздействия различных факторов. Порядка трети существующих берегозащитных сооружений нуждаются в реконструкции. Необходимо внедрение новых технологий получения бетонов с повышенными прочностными характеристиками и долговечностью.

Одним из решений данной проблемы является использование ограниченного ряда высокоактивных микро- и наномодификаторов. Но данный подход имеет существенные ограничения, что связано с высокой стоимостью нанопорошков или отсутствием технологий, позволяющих получать массовые объемы. Существующие способы синтеза нанопорошков относятся к технологиям, для которых характерно применение дорогостоящего и энергоемкого оборудования, что приводит к значительному увеличению стоимости нанотехнологической продукции и препятствует ее широкомасштабному внедрению в строительную отрасль.

В [1] предложен метод получения нанопорошков тугоплавких металлов и их карбидов по уникальной технологии из лома твердосплавных изделий производства, не имеющий мировых аналогов, который характеризуется минимальным технологическим оборудованием, экологической безопасностью, относительно малыми эксплуатационными расходами и высокой чистотой порошка. Данная работа является продолжением исследований [2-3].

Материалы и методы исследования. Для приготовления опытно-промышленной партии бетонной смеси с наномодификатором использовались следующие сырьевые материалы:

– Портландцемент ССПЦ 500Д20 (ГОСТ 31357–2007, ГОСТ 31358–2007).

– Заполнители: мелкий заполнитель – песок морской серый, фракция 1,5–2 мм ГОСТ 8736–2014, крупный заполнитель – щебень плотных горных пород, фракция 5–10, 10–15 мм (ГОСТ 8267–93).

В качестве модификатора бетона использовали порошок, полученный в результате переработки твердосплавных изделий и отходов типа ВК (карбид вольфрама WC – кобальт Co) по уникальной технологии получения нанопорошков тугоплавких металлов и их карбидов [1]. Данный способ основан на разрушении матрицы сплава специально подготовленными растворами с применением адаптированных микроорганизмов.

Порошки, используемые в качестве модификатора бетонной смеси, исследовали на сканирующем электронном микроскопе PHENOM proX фирмы: Phenom–World B.V. (Нидерланды) с интегрированной системой энергодисперсионного анализа. Элементный анализ исследуемых порошков получен с применением программы Element Identification компании Phenom. Для анализа размера, формы и морфологии частиц использовали программное обеспечение ParticleMetric, позволяющее анализировать изображения частиц.

Рабочий состав бетонных образцов имел следующее соотношение: Цемент : Песок : Щебень : Вода = 1 : 2,4 : 4,3 : 0,6. Соблюдая соотношение рабочего раствора были приготовлены замесы с различным содержанием модификатора (1, 2, 3, 4, 5 % от

расхода вяжущего).

Испытание на прочность при сжатии исследуемых бетонных образцов производили в расчетном возрасте 28 дней на гидравлическом прессе 2 ПГ–500.

Результаты и анализ исследования. Результаты исследований элементного состава порошка, используемого в качестве добавки бетона представлен в таблице 1. Спектры обнаруженных элементов представлены на рис. 1.

Таблица 1

Элементный состав порошка, полученного из твердосплавных изделий типа ВК

Element Symbol	Atomic Conc.	Weight Conc.
W	27.17	82.73
O	42.06	11.15
C	30.77	6.12

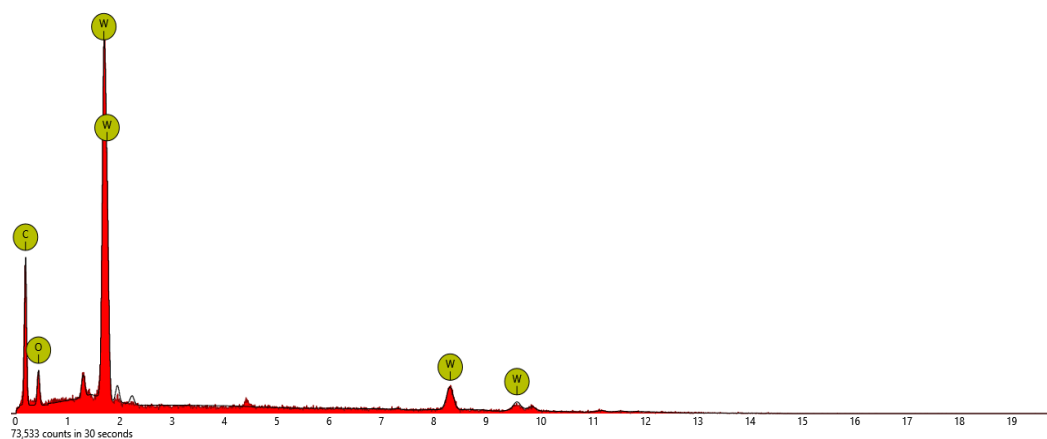


Рис. 1. Спектры элементов исследуемого порошка

Как видно из представленных данных, порошок, полученный в результате переработки твердосплавных изделий и отходов типа ВК, представляет собой порошок карбида вольфрама. Присутствие связанного кислорода в составе карбида вольфрама обусловлено частичным окислением наночастиц, присутствие свободного кислорода – развитой поверхностью наночастиц.

На рис. 2 представлены микрофотографии частиц исследуемого порошка, полученные на сканирующем электронном микроскопе PHENOM proX при разном увеличении.

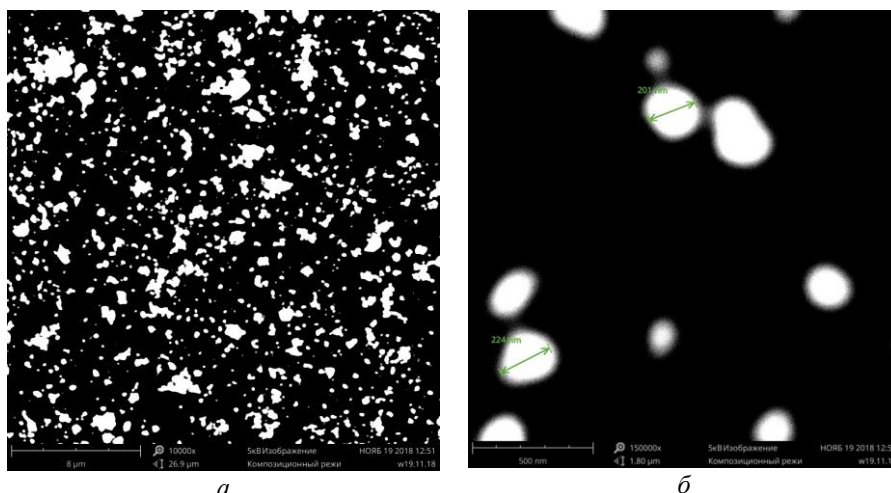


Рис. 2. Фотография порошка, полученного из твердосплавных изделий и отходов типа ВК при разном увеличении: а –х10000; б –х150000

На рис. 3 представлена диаграмма распределения частиц порошка карбида вольфрама по размерам.

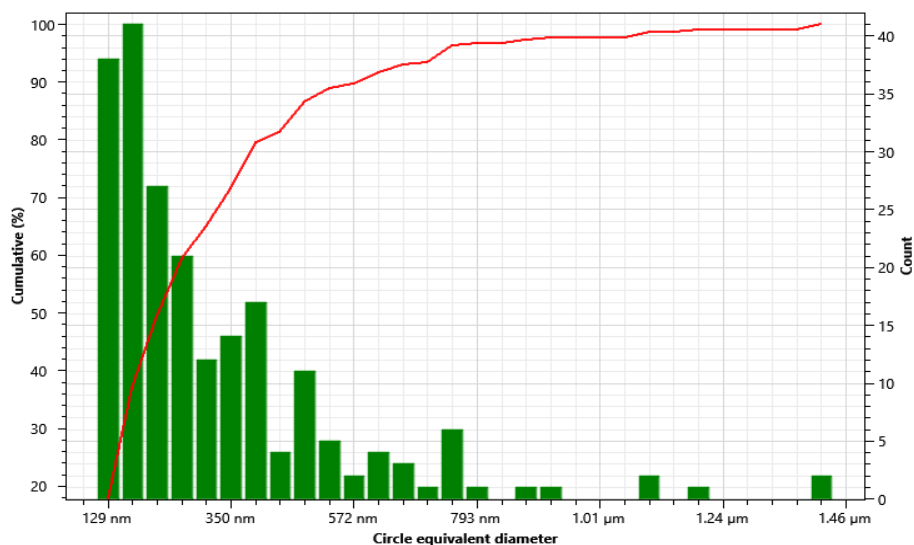


Рис. 3. Распределение частиц порошка карбида вольфрама по размерам

Как видно из диаграммы размер частиц находится в диапазоне от 100 до 800 нм. Наличие единичных случаев размером больше 800 нм объясняется наличием агломератов, представляющие собой совокупность большого числа малых частиц.

Результаты исследования прочности на сжатие бетонных образцов, модифицированных порошком карбида вольфрама представлены в таблице 2 и на рис. 4

Таблица 2

Результаты исследования прочности на сжатие бетонных образцов модифицированные нанопорошком карбида вольфрама

Содержание WC, %	Средняя плотность, кг/м ³	Средняя прочность, кгс/см ³	Средняя прочность, МПа
0	2395,5	104,006	10,29659
1	2434	130,0075	12,87074
2	2433,5	134,596	13,325
3	2442	156,009	15,44489
4	2434,5	110,124	10,90228
5	2390	93,2995	9,236651

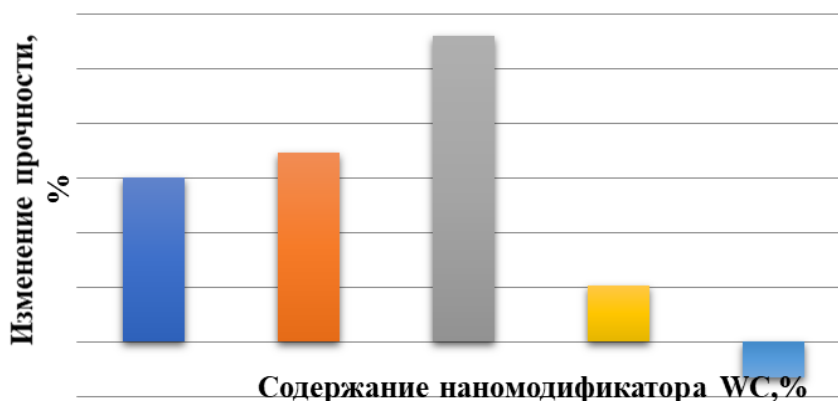


Рис. 4. Изменений прочности (%) бетонных образцов модифицированных нанопорошком карбида вольфрама относительно контрольного образца

Анализируя полученные результаты исследования изменения прочностных характеристик на сжатие бетонных образцов, модифицированных нанопорошком, видно, что наилучшие прочностные характеристики на 56 % наблюдаются при концентрации порошка 3 % от массы цемента в возрасте 28 суток, при дальнейшем увеличении содержания нанопорошка происходит резкое снижение прочности.

Выводы. В рамках проведенного исследования, на основании полученных результатов можно сделать следующие выводы:

1) Основной размер частиц порошка тугоплавких металлов, предложенных в качестве модификатора бетона, составляет менее 800 нм.

2) Установлено повышение прочностных характеристик бетона, путем использования нанодисперсного порошка карбида вольфрама, получаемого из твердосплавных изделий и отходов типа ВК. Максимальный эффект – повышение прочности бетона на 56 % наблюдается при применении нанодисперсной добавки в количестве 3 % от размера вяжущего вещества.

Для более детального изучения влияния наномодификаторов на эксплуатационные свойства бетонной композиции необходимо провести ряд исследований, направленных на различные свойства бетонной смеси (радиационные свойства, водопоглощение, морозостойкость и др.).

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 18-43-920001\18).

Список литературы:

1. EP 3 138 932 A1, 2014
2. Gavrish V. Radioprotective materials with tungsten nanopowder additives / V. Gavrish, G. Baranov, N. Derbasova, T. Chayka // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering "XII International Conference Radiation-Thermal Effects and Processes in Inorganic Materials". – 2017. – Vol. 168. – p.1–6.
3. Гавриш В.М. Исследование возможности модификации бетона смесью нанопорошков WC–TiC–TaC / В.М. Гавриш, Т.В. Чайка, Г.А. Баранов // Нанотехнологии в современных материалах технологического и биомедицинского назначения: Материалы научно-практического семинара г. Севастополь, – 2018. – С. 129–130.

**THE APPLICATION OF NANOPOWDER OF TUNGSTEN CARBIDE
TO INCREASE THE PERFORMANCE OF THE CONCRETE**

V.M. Gavrish, T.V. Chayka, O.P. Gavrish, S.A. Fedorova

*Sevastopol State University, Sevastopol, 299053, Russian Federation,
e-mail: VMGavrish@sevsu.ru*

Abstract

The possibility of modification of concrete nanopowders obtained during the processing of solid waste such as VC, as well as their impact on the performance of concrete. Studies of dispersion, particle morphology, elemental analysis of the powder.

РЕЗУЛЬТАТЫ КОМПЛЕКСНОГО МОНИТОРИНГА СОДЕРЖАНИЯ УЛЬТРАДИСПЕРСНЫХ АЭРОЗОЛЕЙ В ГОРНОПРОМЫШЛЕННЫХ РЕГИОНАХ

Л.А. Гаджиева

ИПКОН РАН, Москва, 111020, Россия, e-mail: gadzhilu@gmail.com

Современные исследования показывают, что в условиях стремительного развития нанотехнологий и возможностей идентификации и изучения наноразмерных структур, они являются не только основным прорывом в области высоких технологий, но и одной из причин загрязнения окружающей среды [1]. Согласно классификации, представленной в работе [2], к наночастицам относятся ультрадисперсные аэрозоли, размер которых находится в диапазоне 0,001–0,01 мкм. Из этих работ известно, что часть таких аэрозолей в природе образуются в результате естественных процессов, включая фотохимические реакции, извержения вулканов, лесные пожары и эрозию земной поверхности, и, уравниваясь общим круговоротом веществ в природе, не вызывают глубоких экологических изменений. Значительно больший вред окружающей среде наносят промышленные аэрозоли, возникающие в ходе различных производственных процессов. Абсолютное большинство промышленных предприятий в странах с сырьевой экономикой представлено добывающими производствами. Наряду с минеральными ультрадисперсными аэрозолями, образующимися в процессах добычи и переработки руд [3], в горнопромышленных регионах большое влияние в части поступления аэрозолей в атмосферу оказывают: выхлопы двигателей большегрузного горного транспорта, продукты масштабных взрывов на карьерах и подземных рудниках. Загрязнение наночастицами имеет большое значение в глобальном климатическом балансе, поскольку они играют центральную роль в разрушении озонового слоя [4], следовательно, наряду с парниковыми газами оказывают влияние на глобальное потепление. Оценка возможных рисков воздействия наночастиц на организм человека однозначно свидетельствует, что кожа человека, легкие и желудочно-кишечный тракт являются наиболее вероятными точками воздействия естественных или антропогенных наночастиц, поскольку последние обладают высокой проницаемостью через клеточные мембраны [5]. Воздействие некоторых наночастиц связано с возникновением аутоиммунных заболеваний [4]. Причем, некоторые ультрамелкие вдыхаемые нерастворимые частицы могут быть более токсичными, чем более крупные аналогичного состава [6-13].

Результаты исследований [14] показали возможность транспортировки ультрадисперсных частиц в центральную нервную систему посредством обонятельного нерва. Все это привело к обоснованию нового токсикологического показателя, характеризующего степень воздействия наночастиц на организм человека LDSA (lung-deposited surface area) [15,16].

Вместе с тем, в настоящее время в России отсутствует стандарт, устанавливающий предельно допустимые концентрации таких наноаэрозолей в воздушной среде. В 2012 году был утвержден ГОСТ Р 54597-2011, целью которого являлось предоставление пользователям необходимой исходной информации о наноаэрозолях до того, как будут разработаны и внедрены конкретные предельно допустимые уровни воздействия и эталоны [17].

Новый технологический уклад, развитие которого связано в том числе с созданием новых приборов и методов экологического контроля, предусматривает новый подход к мониторингу условий труда на горнодобывающих предприятиях.

Для этого разработана методика содержания ультрадисперсных аэрозолей в районах интенсивной разработки месторождений полезных ископаемых [18].

Ввиду отсутствия достоверных данных о предельно допустимой концентрации наночастиц в атмосфере горнопромышленных регионов и прилегающих зонах урбанизации, основные показатели, характеризующие степень загрязнения воздуха наноаэрозолями, согласно методике, могут быть выявлены путем сопоставимой оценки.

В ходе исследований, проведенных с использованием диффузионного классификатора DISCmini, определено содержание ультра- и высокодисперсных аэрозолей в атмосфере горнопромышленных регионов КМА и Южного Урала [16,19]. За «эталонные» регионы для сравнительной оценки выбраны урбанизированные территории, характеризующиеся отсутствием горнопромышленных предприятий (г. Москва и г. Долгопрудный Московской области). По результатам измерений установлено, что средняя концентрация ультрадисперсных частиц в- Москве в 2,3 раза меньше, чем максимальные значения в горнопромышленных регионах южного Урала и региона КМА (табл. 1). Установлено, что ареал распространения наночастиц носит локальный характер с формированием зон повышенных концентраций непосредственно в зонах ведения горных работ, поскольку значения, полученные в городах, расположенных в непосредственной близости к горнодобывающим предприятиям, не превышают показателей, установленных в регионах, характеризующихся отсутствием горной промышленности. Однако, следует обратить внимание на то, что несмотря на относительно низкие значения концентрации ультрадисперсных частиц, показатель, характеризующий площадь осаждения наноаэрозолей в легких, значительно превышает таковой в эталонных регионах.

Таблица 1

Сравнительная оценка результатов мониторинга содержания ультрадисперсных аэрозолей в воздухе горнодобывающих и Московского регионов

№	Показатель, ед. измерения	Исследуемые регионы							
		Зона промышленной урбанизации						г. Москва	г. Долгопрудный
		Точки отбора							
		Макс в Урал (вост борг карьера)	Макс КМА (промплотцадка рудника)	Губкин	Пласт	ММК	Магнитогорск	Ср. по городу	Ср. по городу
1	Ср. конц. наночастиц, см ⁻³	26898,4	27590,51	15622,35	4967,2	121453,5	26283,48	11993,1	12465,9
2	LDSA, мкм ² /м ³	85,04	62,38	44,801	62,4	227,6938	62,84	30,4	24,8

Объективная оценка степени влияния горного производства на качество воздуха возможна при проведении аналогичных исследований в районах функционирования предприятий других отраслей промышленности. Сравнительная оценка содержания

в воздухе ультрадисперсных аэрозолей в районе ММК г.Магнитогорска показала, что максимальная концентрация составляет $121453,485 \text{ см}^{-3}$, что превышает максимальные значения в горнопромышленных регионах КМА и Южного Урала, в 4,4 раза, а значения, измеренные в г. Москве, в 10 раз.

Целью проводимого мониторинга состояния среды обитания человека является не просто констатация факта ее загрязнения. Аналогичные исследования в других горнопромышленных центрах России, а также последующее изучение механизмов образования наночастиц будут способствовать разработке инновационных технологий устойчивого экологически сбалансированного освоения рудных месторождений [20-22], снижающих негативное воздействие геотехнологий на человека. На разработку таких технологий направлена деятельность лаборатории ЭКОН ИПКОН РАН [23].

Знания о закономерностях распространения таких вредных факторов позволят осуществить выбор мест размещения производственных цехов, АБК и других объектов наземной промышленной инфраструктуры, жилых районов, и разработать рекомендации по снижению влияния ультрадисперсных аэрозолей на организм человека. В будущем, при выборе мест размещения объектов, предполагающих пребывание человека, будут учитываться показатели, которые до настоящего времени, вообще не оцениваются и не являются предметом мониторинга в горной промышленности.

Эта работа выполнена при поддержке ББФ ИПКОН РАН (0138-2014-0001).

Список литературы:

1. Gwinn, MR; Vallyathan, V. Nanoparticles: Health effects - Pros and cons // *Environmental Health Perspectives*, 114(12), 2006, pp.1818-1825.
2. Хмелев, В.Н. Ультразвуковая коагуляция аэрозолей: монография // В.Н. Хмелев, А.В. Шалунов, К.В. Шалунова, С.Н. Цыганок, Р.В. Барсуков, А.Н. Сливин; Алт. гос. техн. ун-т, БТИ. – Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2010. 235 с.
3. Чантурия В.А., Трубецкой К.Н., Викторов С.Д., Бунин И.Ж. Наночастицы в процессах разрушения и вскрытия геоматериалов. – М., 2006. – 216с.
4. Buzea C., Pacheco I.I., Robbie K. Nanomaterials and nanoparticles: Sources and toxicity // *Biointerphases*, 2007, №2, P. MR17-MR71.
5. Никитин А.В. Нанотоксикология: современное состояние и перспективы. // *Экологические проблемы индустриальных мегаполисов: сборник трудов международной научно-практической конференции. Донецк 21-24 апреля 2009.*, - Донецк, ДонНТУ Министерства образования и науки Украины, 2009 - 240 с.
6. Gelein, R.M., Ferin, J. and Weiss, B. Association of particulate air pollution and acute mortality: involvement of ultrafine particles // *Inhal. Toxicol.*, 1995, №7, pp.111-124
7. Oberdörster G. Toxicology of ultrafine particles: in vivo studies//*Phil. Trans. Roy. Soc. Lond. Series A* 358, 1775, 2000. pp.2719-2740.
8. Donaldson, K., Li, X.Y. and MacNee, W. Ultrafine (nanometer) particle mediated lung injury//*Journal of Aerosol Science*, 1998, 29 (5-6), pp.553-560.
9. Donaldson, K., Stone, V., Gilmore, P.S., Brown, D.M. and MacNee, W. Ultrafine particles: mechanisms of lung injury. // *Phil. Trans. Roy. Soc. Lond., Series A* 358, 2000, pp.2741-2749.
10. Brown, D.M., Wilson, M.R., MacNee, W., Stone, V. and Donaldson, K. Size-dependent proinflammatory effects of ultrafine polystyrene particles: A role for surface area and oxidative stress in the enhanced activity of ultrafines. // *Toxicology and Applied Pharmacology*, 175 (3), 2001, pp.191-199.
11. Tran, C.L., Buchanan, D., Cullen, R.T., Searl, A., Jones, A.D. and Donaldson, K. Inhalation of poorly soluble particles. II. Influence of particle surface area on inflammation and clearance. // *Inhal. Toxicol.*, 12 (12), 2000, pp.1113-1126.
12. Dick, C.A.J., Brown, D.M., Donaldson, K. and Stone, V. The role of free radicals in the toxic and inflammatory effects of four different ultrafine particle types. // *Inhal. Toxicol.*, 15 (1), 2003, pp.39-52.

13. MacNee, W. and Donaldson, K. Mechanism of lung injury caused by PM10 and ultrafine particles with special reference to COPD // *Eur. Resp. J.*, 21, 2003, pp.47S-51S.
14. Oberdorster G., Sharp Z., Atudorei V., Elder A., Gelein R., Kreyling W., Cox C. Translocation of inhaled ultrafine particles to the brain// *Inhalation toxicology*, 2004, №16, P.437-445.
15. Hudda N, Fruin S. A. International Airport Impacts to Air Quality: Size and Related Properties of Large Increases in Ultrafine Particle Number Concentrations// *Environ. Sci. Technol.* 2016, №50, P.3362–3370. DOI: 10.1021/acs.est.5b05313.
16. Радченко Д.Н., Гаджиева Л.А., Гавриленко В.В. Мониторинг содержания ультрадисперсных аэрозолей в воздухе горнопромышленного региона // *Вестник РУДН. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности*, 2017. -№4.
17. ГОСТ Р 54597-2011. Воздух рабочей зоны. Ультрадисперсные аэрозоли, аэрозоли наночастиц и наноструктурированных частиц. Определение характеристик и оценка воздействия при вдыхании. М., 2012. 40 с.
18. Радченко Д.Н., Гаджиева Л.А., Гавриленко В.В. Методика и результаты мониторинга содержания наночастиц в воздухе горнопромышленных регионов // В сборнике: *Актуальные проблемы экологии и природопользования. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. РУДН: 2017.* -С. 206-211.
19. Radchenko, D.N., Gadzhieva, L.A., Gavrilenko, V.V. Research of Concentrations of Ultrafine and Finely Dispersed Aerosols in the Atmosphere of a Southern Urals Mining Region. 3rd International Innovative Mining Symposium. IIMS 2018; E3S Web of Conferences, 2018. V. 41, article number 01035.
20. Kaplunov, D.R., Radchenko, D.N. Design philosophy and choice of technologies for sustainable development of underground mines // *Gornyi Zhurnal*, 2017. -№11. P. 52-59. DOI: 10.17580/gzh.2017.11.10.
21. Khasheva Z.M., Golik V.I. The ways of recovery in economy of the depressed mining enterprises of the russian Caucasus // *International Business Management*. 2015. T. 9. № 6. С. 1210-1216.
22. Golik V.I., Razorenov Yu.I., Efremkov A.B. Recycling of metal ore mill tailings // *Applied Mechanics and Materials*. 2014. T. 682. С. 363-368. Doi: 10.4028/www.scientific.net/AMM.682.363.
23. Rylnikova, M.V., Radchenko, D.N. Creating research center for the environmentally sound and comprehensive utilization of hard minerals in Russia // *Gornyi Zhurnal*. 2014. №12. С.4-7.

RESULTS OF MONITORING OF THE CONTENT OF ULTRADISPERSED AEROSOLS IN THE AIR OF MINING INDUSTRIAL REGIONS

L.A. Gadzhieva

IPKON RAS, Moscow, 111020, Russia, e-mail: gadzhilu@gmail.com

Abstract

Until now, the world has not had a consistent standard establishing the maximum permissible concentrations of aerosols, that is, of nanosize particles in the air. At the same time, in the foreign literature, it is proved that nanoparticles upon deposition in the human lungs may stay there for a longer time than larger-size particles because of a more complicated process of a human body self-cleansing and stronger interaction of such particles with human body tissues and organs. Some types of nanosize particles (for instance, titanium or carbon dioxides) more easily penetrate the barrier layer of an epithelial cell and enter interstitial tissue or blood flow. During the research, a methodology for monitoring the determination of the content of solid particles with the particle size of 1-10 nm in the air of a mining region has been developed. Appropriate studies have been carried out. The air pollution by nanoparticles in the KMA, the Ural and the Moscow regions is estimated.

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ТВЕРДОГО ОРГАНИЧЕСКОГО СЫРЬЯ НА ВЫХОД ПРОДУКТОВ ПИРОЛИЗА

М.А. Гайдабрус¹; Р.Б. Табакаев²

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
Томск 634050, Россия, e-mail: ¹779030742352@mail.ru, ²TabakaevRB@tpu.ru

Потребность человечества в тепло- и электроэнергии увеличивается с каждым годом [1]. Однако запасы традиционных топлив ограничены, и их постепенное истощение может привести к тому, что в ближайшем будущем этих ресурсов будет недостаточно для обеспечения нужд энергоснабжения. Поэтому уже на сегодняшний день необходимо вовлечение возобновляемых источников энергии (ВИЭ), способных заменить привычные органические ресурсы. Одним из наиболее распространенных ВИЭ в настоящий момент является биомасса, однако рост её доли использования сдерживается рядом причин. Во-первых, высокая влажность биомассы приводит к высоким эксплуатационным затратам, связанным с проблемами транспортировки в зимний период (слеживается и смерзается) и необходимостью предварительной сушки. Во-вторых, при сжигании некоторых видов биомассы наблюдается шлакование поверхностей нагрева.

Одним из путей решения этой проблемы является пиролизная переработка биомассы. Процесс пиролиза представляет собой термическую конверсию биомассы в отсутствие кислорода с получением энергетически ценных твердых, жидких и газообразных продуктов. Эти продукты могут использоваться в качестве самостоятельных видов топлива [2]. Стоит отметить, что для исследования пиролиза, как правило, используют метод физического эксперимента, являющегося трудозатратным в осуществлении и сложно воспроизводимым. В свою очередь, наличие зависимостей, позволяющих проанализировать перспективы термического преобразования сырья на основе его элементного состава или характеристик, позволило бы существенно снизить трудозатраты при оценке возможности переработки конкретного топлива. При этом необходимо рассматривать два вида пиролиза, так как каждый из его видов направлен на получение конкретного конечного продукта: быстрый (скорость нагрева 100-1000 °C/с) и медленный (скорость нагрева не превышает 80 °C/мин).

На рисунке 1 представлены зависимости выхода продуктов пиролиза от соотношения Н/С исходных топлив. Зависимости построены на основе результатов работ [3-20]: быстрый [3-11] и медленный пиролиз [12-20].

Можно отметить, что зависимости для быстрого и медленного пиролизом имеют схожий вид: выход газообразных и жидких продуктов с увеличением значения Н/С растет, а углеродного остатка – уменьшается. При этом зависимости газообразных и жидких продуктов имеют степенной характер, а зависимость выхода углеродного остатка – линейный.

Математическая обработка приведенных на рисунке 1 кривых, осуществляемая в программном обеспечении Excel, позволила вывести уравнения для выхода продуктов в зависимости от соотношения водорода к углероду (Н/С):

$$\left. \begin{array}{l} \text{Медленный} \\ \text{пиролиз} \end{array} \right\} \left[\begin{array}{ll} g_m = 12,611(H/C)^{1,0417} & (1) \\ b_m = 21,978(H/C)^{1,3645} & (2) \\ c_m = -45,303(H/C) + 109,15 & (3) \end{array} \right. \left. \begin{array}{ll} g_b = 11,883(H/C)^{1,6184} & (4) \\ b_b = 27,703(H/C)^{1,4855} & (5) \\ c_b = -60,54(H/C) + 110,86 & (6) \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Быстрый} \\ \text{пиролиз} \end{array}$$

где g_m, g_b – выход газа при медленном и быстром пиролизе соответственно, %;

b_m, b_b – выход жидких продуктов при медленном и быстром пиролизе, %;

C_M, C_b – выход углеродного остатка при медленном и быстром пиролизе, %.

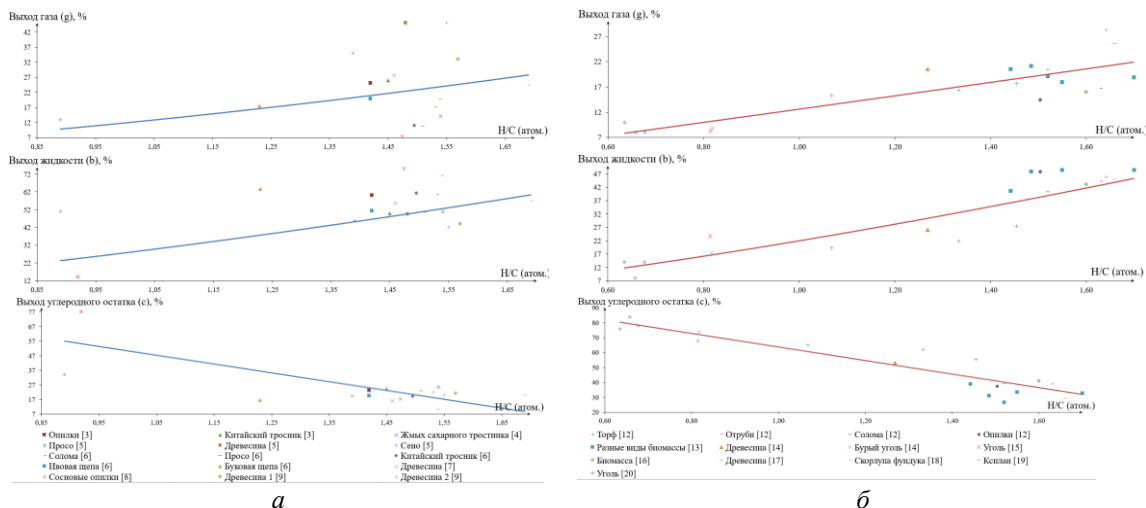


Рис. 1. Зависимость выхода продуктов пиролиза от соотношения Н/С:
а – быстрый пиролиз, б – медленный пиролиз

При сравнении полученных зависимостей (рисунок 2) можно отметить, что выход жидких продуктов при одной и той же величине (Н/С) имеет большее значения для быстрого типа пиролиза (превышение составляет 3-17%). В свою очередь, при медленном типе наблюдается больший выход углеродного остатка относительно быстрого типа: разница составляет от 9 до 26%. При этом разница между выходами продуктов при двух видах пиролиза увеличивается с ростом значения Н/С. Выход газообразных продуктов при быстром пиролизе меньше, чем при медленном, до значения (Н/С=1,12), далее количество выделяющегося газа при быстром пиролизе превышает величину для медленного.

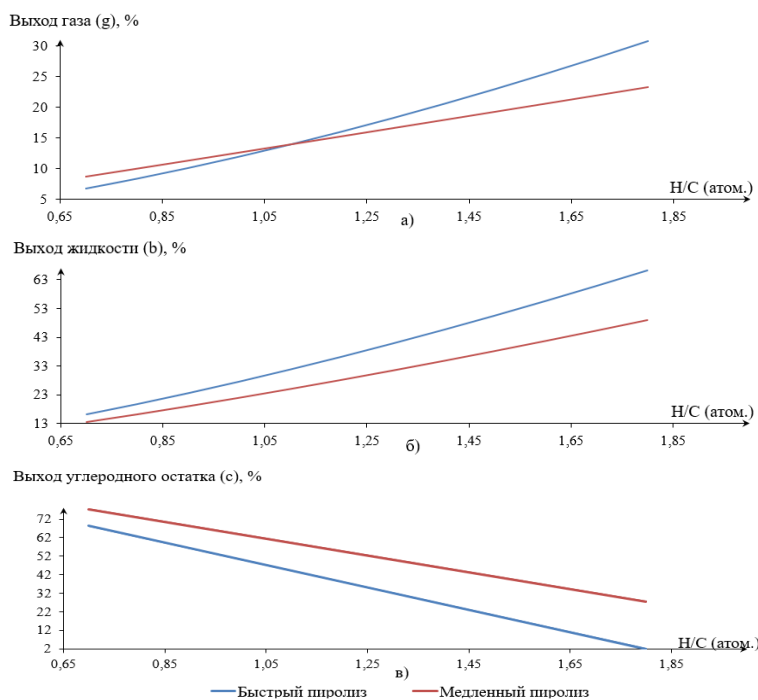


Рис. 2. Зависимости выхода пиролизных продуктов при быстром и медленном пиролизах

Установленные зависимости имеют схожий вид с результатами других авторов [21], исследовавших изменение выхода продуктов коксования углей Кузнецкого бассейна от их элементного состава.

Выводы. Получены эмпирические зависимости выходов продуктов термической переработки сырья от содержания в нем водорода и углерода. Установлено, что характер этих зависимостей для выходов газообразных и жидких продуктов степенной, а для выхода углеродного остатка – линейный. Отмечено, что выход газообразных продуктов при быстром пиролизе меньше, чем при медленном, до значения ($H/C=1,12$), далее количество выделяющегося газа при быстром пиролизе превышает величину для медленного. Наибольший выход жидких продуктов во всем исследованном интервале H/C (от 0,7 до 1,8) наблюдается у быстрого типа пиролиза, а углеродного остатка – у медленного.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект №18-38-00648 «Разработка методики комплексного изучения минеральной части биомассы на основе предварительного низкотемпературного обезуглероживания») и Томского политехнического университета (проект ВИУ-НОЦ И.Н. Бутакова-296/2018).

Список литературы:

1. Потребление электроэнергии по субъектам Российской Федерации: Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/efficiency/#
2. Цыганов А.Р. Биоэнергетика. Энергетические возможности биомассы / А.Р. Цыганов, А.В. Ключков. – Минск: Беларус. наука, 2012. – 143 с.
3. Jo Yong Park. Production of bio-oil from fast pyrolysis of biomass using a pilot-scale circulating fluidized bed reactor and its characterization / Jo Yong Park, Jae-Kon Kim, Chang-Ho Oh, Jong-Wook Park, Eilhann E. Kwon // Journal of Environmental Management. – 2019. - № 234. – P. 138-144.
4. Saleh Al Arni. Comparison of slow and fast pyrolysis for converting biomass into fuel / Renewable Energy. – 2018. - №124. – P. 197-201.
5. Akwasi A. Boateng. Mobile demonstration unit for fast- and catalytic pyrolysis: The combustion reduction integrated pyrolysis system (CRIPS) / Akwasi A. Boateng, Mark A. Schaffer, Charles A. Mullen, Neil M. Goldberg // Journal of Analytical and Applied Pyrolysis. – 2019. - №137. – P. 185-194.
6. Greenhalf C.E. A comparative study of straw, perennial grasses and hardwoods in terms of fast pyrolysis products / C. E. Greenhalf, D.J. Nowakowski, A.B. Harms, J.O. Titiloye, A.V. Bridgwater // Fuel. – 2013. - №108. – P. 216-230.
7. Zhongyang Luo. Research on biomass fast pyrolysis for liquid fuel / Zhongyang Luo, Shurong Wang, Yanfen Liao, Jinsong Zhou, Yueling Gu, Kefa Cen // Biomass and Bioenergy. – 2004. - №26. – P. 455-462.
8. Aitor Arregi. Regenerability of a Ni catalyst in the catalytic steam reforming of biomass pyrolysis volatiles / Aitor Arregi, Gartzten Lopez, Maider Amutio, Itsaso Barbarias, Laura Santamaria, Javier Bilbao, Martin Olazar // Journal of Industrial and Engineering Chemistry. – 2018. - №68. – P. 69-78.
9. Louwes A.C. Torrefied biomass as feed for fast pyrolysis: An experimental study and chain analysis / A.C. Louwes, L. Basile, R. Yukananto, J.C. Bhagwandas, E.A. Bramer, G. Brem // Biomass and Bioenergy. – 2017. - №105. – P. 116-126.
10. Boateng A.A. Fast pyrolysis of biomass thermally pretreated by torrefaction / A.A. Boateng, C.A.Mullen // Journal of Analytical and Applied Pyrolysis. – 2013. - №100. – P. 95-102.
11. Enkhsaruul Byambajava. Co-pyrolysis of lignin and low rank coal for the production of aromatic oils / Enkhsaruul Byambajava Hooman Payseparb, Laleh Nazarib, Chunbao (Charles) Xub // Fuel Processing Technology. – 2018. - №181. – P. 1-7.
12. Roman Tabakaev, Thermal enrichment of different types of biomass by low-temperature pyrolysis / Roman Tabakaev, Ibraeva Kanipa, Alexander Astafev, Yury Dubinin, Nikolay Yazykov, Alexander Zavorin, Vadim Yakovlev // Fuel. – 2019. - №245. – P. 29-38.

13. C. Di Blasi Product distribution from pyrolysis of wood and agricultural residues / C. Di Blasi, G. Signorelli, C. Di Russo, G. Rea // *Industrial and Engineering Chemistry Research*. – 1999. - №38.- P. 2216–2224.
14. Федосеев С.Д., Чернышев А.Б. Полукоксование и газификация твердого топлива. – М.: Гостоптехиздат, 1960. – 328 с.
15. Предтеченский М.Р. Конверсия углей разной степени метаморфизма в сверхкритической воде в присутствии муравьиной кислоты / М.Р. Предтеченский, М.В. Пуховой, А.Н. Смаль, А.О. Уумаа // *Теплофизика и аэромеханика*. – 2007. - №14. – с. 467-476.
16. Burhenne L. The effect of the biomass components lignin, cellulose and hemicellulose on TGA and fixed bed pyrolysis / L. Burhenne, J. Messmer, T. Aicher, M.-P. Laborie // *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. – 2013. - №101. – P. 177–184.
17. S. Yorgun, D. Yildiz, Slow pyrolysis of paulownia wood: Effects of pyrolysis parameters on product yields and bio-oil characterization / *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. – 2015. - №114. – P. 68–78.
18. I. Demiral Fixed-bed pyrolysis of hazelnut (*Corylus Avellana* L.) bagasse. Influence of pyrolysis parameters on product yields / I. Demiral, S. Şensöz // *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects*. – 2006. - №28. – P. 1149–1158.
19. S.D. Stefanidis A study of lignocellulosic biomass pyrolysis via the pyrolysis of cellulose, hemicellulose and lignin / S.D. Stefanidis, K.G. Kalogiannis, E.F. Iliopoulou, C.M. Michailof, P.A. Pilavachi, A.A. Lappas // *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. – 2014. - №105. – P. 143-150.
20. G.N. Pretorius Evaluation and prediction of slow pyrolysis products derived from coals of different rank / G.N. Pretorius, J.R. Bunt, M. Gräbner, H. Neomagus, F.B. Waanders, R.C. Everson, C.A. Strydom // *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. – 2017. - №128. – P. 156-167.
21. Васильева Е.В. Исследование зависимости выхода химических продуктов коксования из концентратов углей Кузнецкого бассейна от их элементного состава / Е.В. Васильева, Т.Г. Черкасова, С.П. Субботин, А.В. Неведров, А.В. Папин // *Ползуновский вестник*. – 2015. - №4. с. 168-171.

THE EFFECT OF ELEMENTAL COMPOSITION OF SOLID ORGANIC RAW MATERIALS ON THE YIELD OF PRODUCTS OF PYROLYSIS

M.A. Gaydabrus¹, R.B. Tabakaev²

*National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, 634050, Russia,
e-mail: ¹779030742352@mail.ru, ²TabakaevRB@tpu.ru*

Abstract

The aim of the work is to study the effect of the elemental composition of the fuel on the yield of pyrolysis products (fast and slow type). The empirical dependences of the yield of the products of thermal processing of raw materials on the content of H / C are obtained. It was established that the highest yield of liquid products in the range H / C (from 0.7 to 1.8) is observed in the fast type of pyrolysis, and the carbon residue in the slow type. The yield of gaseous products during fast pyrolysis is less than with slow, to a value H / C = 1.12, then the amount of gas released during fast pyrolysis exceeds the value for slow. The dependences obtained allow us to analyze the prospects for the thermal transformation of raw materials based on its elemental composition.

МОНИТОРИНГ ТЕМПЕРАТУРНОГО ФОНА ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ ПРИМОРЬЯ ПО МНОГОЛЕТНИМ ДАННЫМ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ (СЕВЕРО-ЗАПАДНАЯ ЧАСТЬ ЯПОНСКОГО МОРЯ)

Л.А. Гайко

ФГБУН Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева Дальневосточного отделения РАН, г. Владивосток, 690041, РФ, e-mail: gayko@yandex.ru

Важную роль при изучении климатических изменений выполняет сеть гидрометеорологических станций (ГМС), на которых проводятся регулярные наблюдения над температурой воды и воздуха. Эти параметры относятся к группе реперных при оценке климатической изменчивости, так как большинством авторов температура считается наиболее информативным параметром [1].

Район исследования – морское побережье Приморья, омываемое водами зал. Петра Великого с юга и непосредственно водами Японского моря с востока. Особое положение Приморского края на стыке самого большого материка и самого большого океана формируют особые климатические условия. Исследование гидрометеорологического режима прибрежных вод Приморья производят 5 гидрометеорологических станций, три из которых расположены в зал. Петра Великого (ГМС Посьет, Владивосток, Находка) и две – на восточном побережье Приморского края (ГМС Рудная Пристань и Сосуново) (рис. 1) [2].



Рис. 1. Схема размещения гидрометеорологических станций на побережье Приморского края: ГМС Посьет, Владивосток, Находка, Рудная Пристань, Сосуново

Ведение температурного мониторинга в прибрежной зоне Приморского края, которое проводится автором в течение двадцати лет, позволяет отслеживать климатические изменения в рассматриваемом районе. По результатам мировых исследований [3, 4], последнее десятилетие прошлого века было самым тёплым десятилетием столетия. Для прибрежных районов Приморья данное утверждение подтверждается работами автора [5, 6]. Кроме того, автором отмечено, что первое десятилетие нынешнего века также подхватило эстафету повышенных температур, хотя здесь имеются свои особенности [7, 8, 9].

При обработке массивов гидрометеорологических данных в работе использовались стандартные методы математической статистики. Для оценки временной изменчивости исходных рядов гидрометеорологических параметров были рассчитаны:

выборочное среднее многолетнее, коэффициенты детерминации. Для выявления наличия линейного тренда во временном ходе температуры воды и воздуха по станциям был применен регрессионный анализ. Для оценки статистической значимости использовались критерии Стьюдента и Фишера. Для оценки термических ресурсов исследуемого района использовался метод построения графиков и таблиц.

Для выявления особенностей температурного режима в прибрежной зоне Приморского края по данным ГМС были вычислены среднемесячные температуры воды и воздуха за период наблюдений с 1930 по 2017 г., а также за каждый год с 2011 по 2017 г. и проведено их сравнение с температурами, осреднёнными за период 2001–2010 гг.

Климат Приморского края относится к муссонному типу климата умеренных широт с хорошо выраженными сезонами года [10]. Годовой ход температура воды и воздуха вдоль побережья Приморья имеют один минимум и один максимум. Экстремальные значения отрицательной температуры воды приходятся на январь–февраль, воздуха – на январь. Положительные экстремальные температуры воды, и воздуха приходятся на август.

При изучении межгодовой изменчивости для каждой станции были рассчитаны среднегодовые значения температуры. Полученные данные послужили основой для построения парных графиков хода температуры, которые изображены на рис. 2. Представленные графики позволяют проследить изменение температуры воды и воздуха с 1930 по 2017 гг. и провести сравнение хода этих параметров между собой.

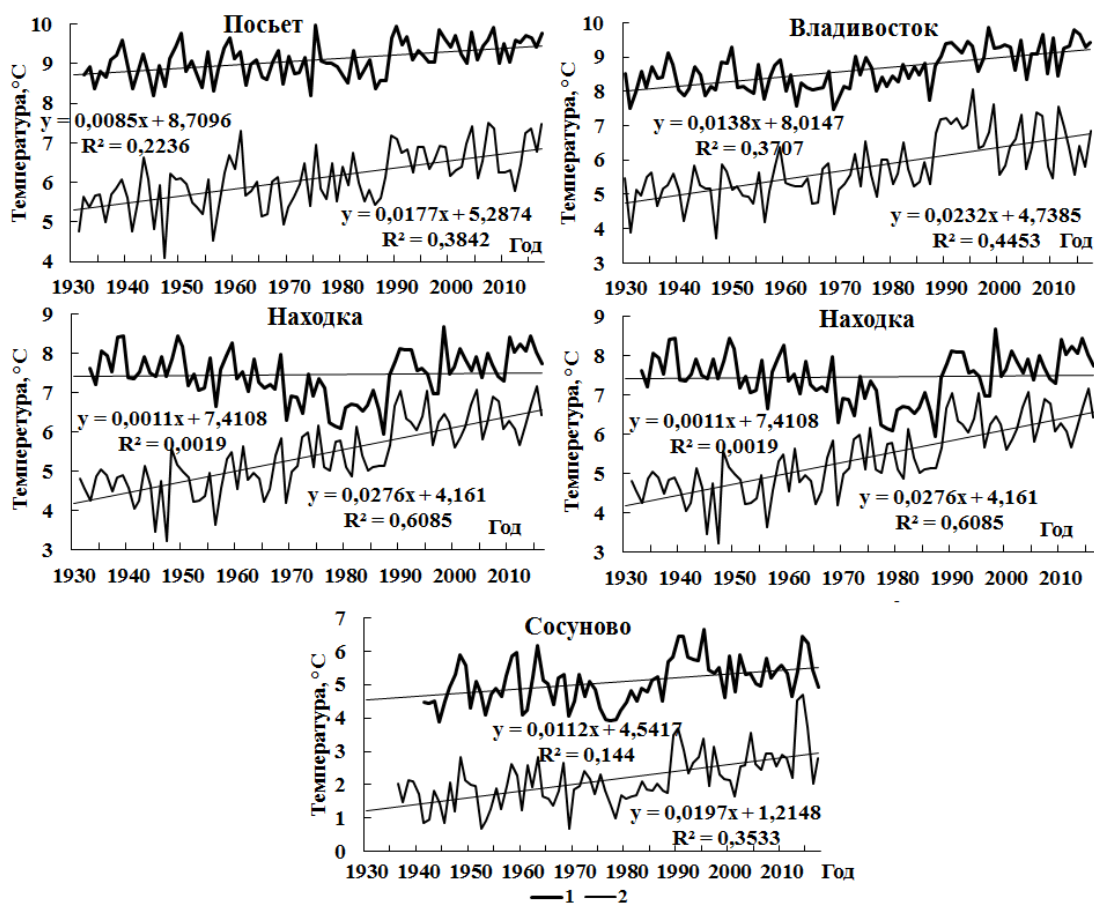


Рис. 2. Межгодовая изменчивость температуры воды (1) и воздуха (2) и их трендовые составляющие на ГМС Приморья (1930–2017 гг.)

При исследовании межгодовой изменчивости температуры вдоль побережья Приморья во временном ходе среднегодовых значений и температуры воды, и температуры воздуха за период инструментальных наблюдений с 1930 по 2017 г. выяв-

лен значимый на 5%-ом уровне тренд. Исключение составила станция Находка, где в ходе температуры воды тренд не выявлен, что связано, по всей видимости, с воздействием на этот район местных циркуляционных факторов. Возможно, что снижение температуры воды в данный период является результатом усиления влияния на юго-восточную часть зал. Петра Великого холодного Приморского течения, которое играет важную роль в формировании водных масс залива [11, 12], а также с развитием местной циркуляцией вод, а конкретно, с активизацией работы апвеллинга у юго-восточного побережья [13, 5]. Наблюдаемый рост среднегодовой температуры воздуха свидетельствует об общем увеличении температурного фона на изучаемой территории.

Сравнение материалов наблюдений над температурой воды и воздуха на ГМС Приморского края в последнее десятилетие 20-го века и первое десятилетие 21-го века выявило, что по сумме отклонений температур от нормы в юго-западной и юго-восточной частях зал. Петра Великого более тёплыми были 2000-е гг., а в центре залива – 1990-е гг. На восточном побережье картина иная – температура воды выше в 1990-е гг., а температура воздуха – в 2000-е, что связано, возможно, с меандрированием Приморского течения и местными особенностями циркуляции атмосферы.

На общем фоне роста температуры её изменение от года к году неоднозначно. Для выявления особенностей распределения температуры в отдельные годы (с 2011 по 2017 г.) было проведено сравнение среднемесячных температур за эти годы со среднемесячной температурой первого десятилетия 21-го столетия. Для этого были рассчитаны по каждой прибрежной станции аномалии между среднемесячными температурами воды и воздуха за эти семь лет и среднемесячными температурами за период с 2001 по 2010 год. В таблице 1 приведены только суммарные отклонения за год. Анализируя таблицу можно отметить, что в 2011 г. температура воды на ГМС Посьет и Владивосток была ниже, чем средняя за десятилетие, на ГМС Находка и Рудная Пристань – немного выше, а на ГМС Сосуново равна среднепериодной температуре. В 2012 г. (за исключением ГМС Сосуново), в 2013, 2014 и 2015 гг. на всех станциях температура воды была выше средней за десятилетие. В 2016 г. небольшое понижение температуры воды отмечено на ГМС Находка и Рудная Пристань, а в 2017 г. к ним присоединилась и ГМС Сосуново, причем наибольшее понижение произошло на ГМС Рудная Пристань именно в 2017 г.

Таблица 1

Аномалии среднегодовой температуры воды и воздуха на ГМС Приморья (2001–2017 гг.)

ГМС	Аномалии температуры воды (ΔT_n)							Аномалии температуры воздуха (ΔT_n)						
	Год							Год						
	11	12	13	14	15	16	17	11	12	13	14	15	16	17
П	-0,4	0,2	0,1	0,0	0,2	0,0	0,3	-0,4	-0,9	-0,3	0,5	0,6	0,1	0,8
В	-0,7	0,2	0,2	0,7	0,5	0,2	0,3	0,9	0,3	-0,3	-1,1	-0,2	-0,8	0,2
Н	0,2	0,4	0,3	0,6	0,2	-0,1	-0,6	-0,3	-0,7	-0,2	0,3	0,8	0,0	0,3
РП	0,1	0,8	0,2	0,7	0,9	-0,1	-1,1	-0,1	-0,5	-0,1	0,1	0,8	-0,4	-0,1
С	0,0	-0,7	0,1	1,1	0,9	0,1	-0,4	0,1	-0,5	1,9	2,0	1,0	-0,6	0,1

Примечание. $\Delta T_n = T_n - T_{ср.}$, где T – среднегодовая температура, °С; n – номер года от 2011 до 2017 (в табл. 11–17); $T_{ср.}$ – средняя температура за период 2001–2010 гг.; серым цветом выделены отрицательные аномалии, курсивом – превышающие 1,0°С.

Температура воздуха с 2011 по 2013 гг. (на ГМС Владивосток только в 2013, а на ГМС Сосуново – в 2012 г.) была ниже среднепериодной. В 2014 и 2015 гг. на всех

станциях (за исключением ГМС Владивосток) температура воздуха была выше средней за десятилетие, а в 2016 г. – только на ГМС Посъет, на ГМС Находка равна среднепериодной, а на станциях восточного побережья – ниже. В 2017 г. за исключением небольшого понижения на ГМС Рудная Пристань, на станциях наблюдаются положительные аномалии температуры воздуха.

Таким образом, положительные отклонения от среднепериодной температуры воды на всех рассматриваемых прибрежных станциях отмечены с 2013 по 2015 гг., а воздуха – только мозаично, т.е. положительные аномалии температуры воды за эти годы на всех станциях, по сравнению с температурой воздуха, преобладают. Очевидно, активизируется деятельность прибрежных течений, и адвективные факторы в эти годы преобладают над радиационными. Но стоит отметить, что именно последние годы – 2016 и 2017, характеризуются понижением температуры воды. Кстати, понижение температуры в 2016 г. отмечено также и на побережье Японии [14].

По уравнению регрессии был рассчитан прирост температуры на станциях за последние 80 лет. На всех станциях Приморского края за рассматриваемый период отмечен рост температуры как в среднегодовых значениях, так и по сезонам. Наибольшее увеличение среднегодовой температуры воды в зал. Петра Великого произошло на ГМС Владивосток ($1,0^{\circ}\text{C}/80$ лет), на восточном побережье – на ГМС Сосуново ($0,9^{\circ}\text{C}/80$ лет). Если рассматривать повышение температуры по сезонам, то наибольшее повышение температуры воды произошло в зал. Петра Великого на ГМС Владивосток (на $1,3^{\circ}\text{C}/80$ лет) и в Находке (на $1,0^{\circ}\text{C}/80$ лет) в холодный период, а на восточном побережье – на м. Сосуново (на $1,3^{\circ}\text{C}/80$ лет) в теплый.

В среднегодовом плане температура воздуха значительно всего увеличилась вдоль побережья зал. Петра Великого, особенно в его юго-восточной (ГМС Находка) и центральной (ГМС Владивосток) частях на $2,0^{\circ}\text{C}/80$ лет и на $1,9^{\circ}\text{C}/80$ лет соответственно, причем основной вклад в увеличение температуры воздуха на этих станциях внес холодный период ($2,6^{\circ}\text{C}/80$ и $2,2^{\circ}\text{C}/80$ лет соответственно). На восточном побережье температура воздуха на станциях выросла за 80 лет на $1,4^{\circ}\text{C}$, причем на ГМС Рудная Пристань в увеличение температуры основной вклад внес холодный период, а на ГМС Сосуново вклады обоих полугодий практически равны.

Таким образом, представленные в данной работе результаты исследования изменчивости температуры воды и воздуха по данным наблюдений на гидрометеорологических станциях за многолетний период свидетельствуют об увеличении температурного фона в прибрежной зоне Приморского края, что подтверждается мировой тенденцией потепления климата [15].

Список литературы:

1. Будыко М.И. Аналоговый метод оценки предстоящих изменений климата // Метеорология и гидрология. – 1991. – № 4. – 39 – 50.
2. Алисимчик Н.Г. Репрезентативность гидрометеорологической сети залива Петра Великого / Гидрометеорологические особенности шельфовой зоны морей Тихого океана (Японское, Охотское, Южно-Китайское) // Труды ДВНИГМИ. – 2000. – Вып. 140. – С. 12 – 18.
3. Изменение климата, 2001 г. Обобщенный доклад. Под редакцией Роберта Т. Уотсона/ 2003. // Третий докл. МГЭИК об оценке. Межправит. группа экспертов по изменен. климата. – 2003. Т. 4. – 220 с.
4. IPCC, 2007: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. – Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2007. – 996 pp.

5. Гайко Л.А. Особенности гидрометеорологического режима прибрежной зоны залива Петра Великого (Японское море). – Владивосток: Дальнаука. – 2005. – 151 с.
6. Гайко Л.А. Тенденция изменчивости температуры воды и воздуха в прибрежных районах северо-западной части Японского моря // Дальневосточные моря России. – Кн. 1: Океанологические исследования. – М.: Наука, 2007. – С. 307 – 332.
7. Gayko L. A. Water and air temperature variability along the coast of Primorye (Japan/East Sea) / *Current Development in Oceanography*, 2012. – Vol. 5, Iss. 2. – P. 49 – 58.
8. Гайко Л. А. Многолетняя изменчивость температуры воды и воздуха у российского побережья Японского моря по данным гидрометеорологических станций // Океанологические исследования дальневосточных морей и северо-западной части Тихого океана: в 2 кн. – Владивосток: Дальнаука, 2013. – Кн. 1. – С. 64 – 78
9. Гайко Л.А. Гидрометеорологический режим залива Восток (Японское море). – Владивосток: ТОИ ДВО РАН, 2017. – 250 с.
10. Климат Владивостока. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 248 с.
11. Юрасов Г.И., Яричин В.Г. Течения Японского моря. – Владивосток: ДВО АН СССР, 1991. – 176 с.
12. Данченков М.А., Фельдман К.Л., Файман П.А. Температура и соленость вод залива Петра Великого // Гидрометеорология и экология Дальнего Востока: тематич. вып. ДВНИГМИ. – № 4. – Владивосток: Дальнаука, 2003. – С. 10 – 25.
13. Жабин И.А., Грамм-Осипова О.Л., Юрасов Г.И. Ветровой апвеллинг у северо-западного побережья Японского моря // Метеорология и гидрология. – 1993. – № 10. – С. 82–86.
14. Climate change monitoring report 2016. – Japan, Tokyo: JMA, 2017. – 100 pp.
15. IPCC, 2013: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. – Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. – 1535 pp.

**TEMPERATURE MONITORING OF THE COASTAL ZONE OF
PRIMORYE'S LONG-TERM DATA OF COASTAL WEATHER STATIONS
(NORTHWESTERN PART OF THE SEA OF JAPAN)**

L.A. Gayko

V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute, Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences; Vladivostok, Baltiyskaya str., 43. 690041. Russia, e-mail: gayko@yandex.ru

Abstract

It is the analysis of the variability of average annual water and air temperature according instrumental observations of coastal weather stations in Primorye from 1930 to 2017 as well as a comparative analysis of the variability of the average annual temperature for seven years (2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016 and 2017) with temperature for the period 2001–2010. On the coast of Primorsky Krai there was an increase in the average annual water temperature to 1.0°C/80 years, and air – to 2.0°C/80 years. Thus, studies confirm the trend of climate warming in the study area for the period under review.

**ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПРИЕМНИКОВ
ТЕПЛООВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ
(SnSe)_{1-x}(Er₂Se₃)_x**

О.М. Гасанов, Х.А. Адгезалова, Дж.И. Гусейнов

*Азербайджанский государственный педагогический университет,
Баку, Az 1000, Азербайджан, e-mail: cih_58@mail.ru, 1959oktay@mail.ru*

Термоэлектрические материалы традиционно используются при создании устройств прямого преобразования тепловой энергии в электрическую – термоэлектрических генераторных устройств. Термоэлектрические генераторы достаточно давно используются в преобразователях солнечной энергии, без машинных системах охлаждения, радиоизотопных источниках и др. агрегатах благодаря простоте процесса, большому сроку службы, высокой надежности и стабильности параметров и другим привлекательным эксплуатационным свойствам [1].

В настоящее время основными используемыми материалами для термоэлектрических преобразователей, работающих около комнатной температуры, являются сплавы на основе теллуридов висмута и сурьмы [2]. Однако более широкое применение термоэлектрических охладителей и генераторов сдерживает невысокий коэффициент полезного действия (на уровне 8 %) [3]. Поэтому важной задачей является поиск новых материалов с высокой термоэлектрической эффективностью.

Один из перспективных способов улучшения термоэлектрических свойств материала состоит в модификации его химического состава путем приготовления его твердых растворов и сплавов или путем выращивания новых химических соединений на его основе. С точки зрения термоэлектрических применений, одним из основных преимуществ твердых растворов, по сравнению с чистыми веществами, является более низкая теплопроводность решетки, обусловленная рассеянием фононов на структурном беспорядке [4].

Известно, что введение различных добавок в исходные соединения может оказывать значительное влияние на электрофизические свойства получаемых материалов [5]. Одним из перспективных направлений синтеза новых термоэлектрических материалов является синтез твердых растворов и соединений на основе $A^{IV}B^{VI}$ с участием редкоземельных элементов, характеризующихся низкими значениями теплопроводности. Одной из важных особенностей редкоземельных твердых растворов на основе $A^{IV}B^{VI}$ является высокая дефектность их структуры. Положительное влияние самария на термоэлектрическую добротность твердых растворов $Sm_xPb_{1-x}Te$ было показано в работе [6]. Исследования возможностей применения редкоземельных элементов для легирования термоэлектрических материалов для получения высокоэффективных термоэлектрических преобразователей дает возможность расширить рабочие диапазоны в сторону высоких температур [7].

В работе [8] увеличение отношения u/χ_{ph} (u — подвижность носителей заряда, χ_{ph} — фононная теплопроводность) обосновывается изменением кинетических свойств кристаллов в процессе искажения кристаллической решетки, являющегося следствием образования дополнительных дефектов. Для таких материалов характерны интересные физические процессы, высокая подвижность носителей заряда, низкая теплопроводность и перспективы их функционирования в широких температурном и концентрационном диапазонах. С этой точки зрения особый интерес вызывает случай, когда снижение интенсивности рассеяния фононов на фононах компенсируется за счет возрастания интенсивности рассеяния носителей заряда на дефектах [9]. Так как длина волны электронов больше, чем длина волны фононов, то это приводит

к общему увеличению u/χ_{ph} . Такая ситуация реализуется в твердых растворах системы $(SnSe)_{1-x}(Er_2Se_3)_x$. Вышеизложенные особенности могут быть предпосылкой высокой термоэлектрической добротности $(SnSe)_{1-x}(Er_2Se_3)_x$.

Полученные сплавы компактные, с металлическим блеском, и с увеличением содержания эрбия цвет сплавов становится темно-серым, и меняется до черного, устойчивы по отношению к воздуху и воде. Результаты ДТА сплавов системы $SnSe-Er_2Se_3$ показали, что все фиксированные эффекты на кривых нагрева и охлаждения обратимы.

В результате изучения микроструктуры выявлено, что вблизи $SnSe$ имеется ограниченная область растворимости. Анализ результатов МСА показал, что растворимость Er_2Se_3 в $SnSe$ при комнатной температуре составляет 3.5 мол.%, а при температуре вблизи эвтектики доходит до 10 мол.%. В интервале 5-40 мол.% Er_2Se_3 все сплавы двухфазные. РФА сплавов показал, что на дифрактограммах в интервале концентраций 0-3.5 мол.% Er_2Se_3 дифракционные максимумы идентичны.

В сплавах из области твердых растворов с увеличением концентрации эрбия в составе происходит увеличение микротвердости. С увеличением содержания эрбия в составе $SnSe$ на дифрактограммах сплавов появляются новые, нехарактерные $SnSe$ максимумы, относящиеся к Er_2Se_3 .

В работе исследовались температурные зависимости удельной электропроводности, коэффициентов Холла, термо-э.д.с. и теплопроводность в температурном интервале 300-950 К для сплавов $(SnSe)_{1-x}(Er_2Se_3)_x$. Изменение электропроводности исходного соединения $SnSe$ и твердых растворов $(SnSe)_{1-x}(Er_2Se_3)_x$, на его основе, с температурой подобны, т.е. при низких температурах наблюдается относительно слабое увеличение электропроводности за счет электронов, перешедших из примерных уровней в зону проводимости. При комнатной температуре число носителей перешедшие из примерных уровней в зону проводимости стабилизируется и соответственно электропроводность уменьшается, в связи с уменьшением холловской подвижности, а с наступлением собственной проводимости, увеличивается в связи с ростом концентрации собственных носителей. Изменение коэффициента Холла с температурой хорошо согласуется с температурным изменением удельной электропроводности кристаллов $(SnSe)_{1-x}(Er_2Se_3)_x$, т.е. при низких температурах R остается постоянным, а с наступлением собственной проводимости уменьшается с ростом температуры. Коэффициент термо-э.д.с. кристаллов при низких температурах в области примесной проводимости увеличивается, а с наступлением собственной проводимости уменьшается, что характерно для полупроводниковых соединений и твердых растворов со сложной зонной структурой [10].

Теплопроводность $SnSe$ с вариацией катионного состава, в направлении увеличения атомных весов катионов замещения, закономерно уменьшается. Однако, с переходом от $SnSe$ с упорядоченным расположением атомов к твердым растворам замещения на его основе, наблюдается отклонения от обычной закономерности изменения теплопроводности в зависимости от атомного веса. По-видимому, это вызвано тем, что для кристаллов $(SnSe)_{1-x}(Er_2Se_3)_x$ превалирует рассеяния фононов от локальных точечных дефектов, и основным фактором влияющим на тепловое сопротивление, является локальные изменения плотности и упругих свойств среды. Локальное изменение плотности в основном зависит от разницы средних атомных весов, а локальные изменения упругих свойств от разности атомных радиусов растворителя и растворенного вещества.

Эффективность термоэлектрического преобразования определяется величиной $Z = \frac{S^2 \sigma}{\chi}$, имеющей размерность обратной температуры, которая зависит только от физических свойств материала преобразователя. Ею чаще пользуются в виде безразмерной комбинации $ZT = \frac{S^2 \sigma T}{\chi}$ называемой термоэлектрической добротностью. Из

приведенных формул видно, что высококачественный термоэлектрический материал должен одновременно иметь высокую электропроводность, большую термоэдс и низкую теплопроводность. Термоэдс и проводимость определяются только электронными свойствами материала, и поэтому их часто объединяют в величину $P = S^2\sigma$, которую называют «фактором мощности».

Из нами полученных экспериментальных результатов следует, что в твердых растворах $(SnSe)_{1-x}(Er_2Se_3)_x$ с ростом содержания эрбия в составе электропроводность увеличивается, а теплопроводность убывает. Поэтому можно было ожидать, что в этой системе в определённых составах и в определенном температурном интервале термоэффективность достигнет величины, представляющей практическое значение.

Для выяснения механизма изменения термоэлектрической добротности Z в твердых растворах $(SnSe)_{1-x}(Er_2Se_3)_x$ проведен одновременный анализ всех трех параметров, определяющих $Z(S, \sigma, \chi)$. Результаты расчета при комнатной температуре приводятся в таблице 1.

Таблица 1
Рассчитанные термоэлектрические показатели для сплавов $(SnSe)_{1-x}(Er_2Se_3)_x$

	Составы сплавов $(SnSe)_{1-x}(Er_2Se_3)_x$	$R, \text{см}^3/\text{Кл}$	$p(n), \text{см}^{-3}$	$\sigma, \text{Ом}^{-1}\text{см}^{-1}$	$u, \text{см}^2/\text{В}\cdot\text{сек}$	$S, \text{мкВ}/\text{К}$	$\chi \cdot 10^3, \text{Вт}/\text{см}\cdot\text{К}$	$Z \cdot 10^3, \text{Т}^{-1}$	ZT	$\delta, \text{К}\cdot\text{мВ}^{-1}$	$S^2\sigma \cdot 10^3, \text{Вт}/\text{м}\cdot\text{К}^2$
1	$x=0.0$	1.7	3.76	97	165	430	18.7	0.96	0.288	0.52	1.79
2	$x=0.0005$	1.8	3.52	105	189	-449	15.8	1.34	0.402	0.64	2.1
3	$x=0.0025$	2.4	-2.65	182	437	-392	13.6	2.06	0.618	0.97	2.8
4	$x=0.005$	2.2	-2.81	217	477	-376	12.4	2.47	0.741	1.1	3.1
5	$x=0.0075$	0.5	-12.7	176	111	-359	12.7	2.27	0.681	1.1	2.3
6	$x=0.01$	0.32	-20.6	238	76	-292	13.2	2.03	0.609	1.3	2

Как следует из таблицы для состава $(SnSe)_{0.995}(Er_2Se_3)_{0.005}$ коэффициент термоэффективности оказывается высокий и представляет практический интерес.

Поэтому, были исследованы температурные зависимости основных кинетических коэффициентов и термоэлектрической эффективности Z в интервале температур $T = 300 \div 950 \text{ K}$ для расплавов, соответствующие составу $(SnSe)_{0.995}(Er_2Se_3)_{0.005}$. На рисунке 1 приведены температурные зависимости термо-э.д.с и теплопроводности для этих расплавов (образец №4), а на рисунке 2 - для электропроводности и термоэлектрической эффективности Z . Как видно из графиков, значение термо-э.д.с. в интервале температур $T = 540 \div 620$, пройдя через минимум, уменьшается, а электропроводность образца в этом же интервале температур проходит через незначительный максимум, и при температуре $T > 780$ наблюдается интенсивный рост $\sigma(T)$. Как видно, из температурной зависимости теплопроводности образца $(SnSe)_{0.995}(Er_2Se_3)_{0.005}$, наблюдается его незначительное увеличение в интервале температур $T = (300 - 700) \text{ K}$. При дальнейшем увеличении температуры зависимость $\chi(T)$ монотонно уменьшается.

На рисунке 2 (2-кривая) представлена температурная зависимость термоэлектрической эффективности $Z(T)$. Как видно из кривой, для термоэлектрической эффективности образца № 4 полученное значение $Z \geq 2 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$, и в большом температурном интервале ($T = 300 \div 820 \text{ K}$) остается стабильным.

Преимущества этих сплавов перед широко используемыми состоят в том, что они недороги, устойчивы к повышенным температурам, технологичны и не содержат ядовитых веществ.

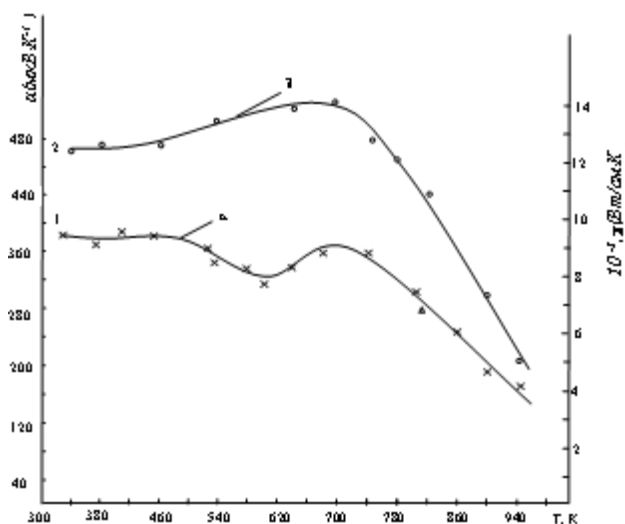


Рис. 1. Температурные зависимости термо-э.д.с и теплопроводности для расплава $(\text{SnSe})_{0.995}-(\text{Er}_2\text{Se}_3)_{0.005}$

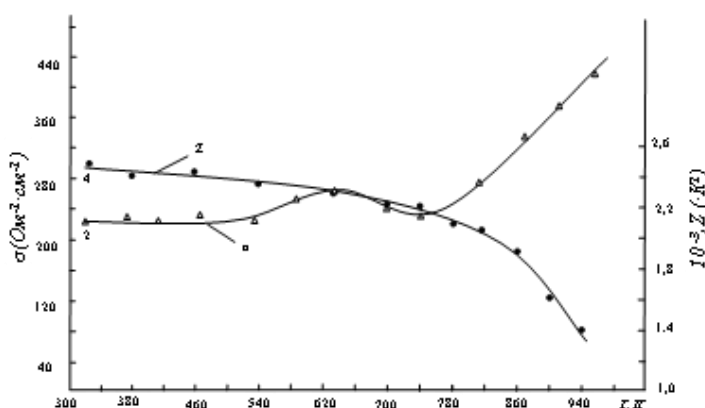


Рис. 2. Температурная зависимость термоэлектрической эффективности $(\text{SnSe})_{0.995}-(\text{Er}_2\text{Se}_3)_{0.005}$

Заключение. Исследование экстремумов Z и δ в $(\text{SnSe})_{0.995}(\text{Er}_2\text{Se}_3)_{0.005}$ показывает, что Z достигает максимального значения при концентрации носителей тока $n \cong 2.81 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$. Показано, что увеличение σ и уменьшение χ приводят к увеличению коэффициента мощности $P = S^2\sigma$ и Z . Однако самолегирование эрбием сильно влияет на Z , что, несомненно, связано с изменением количества собственных дефектов. Отметим, что аналогичная зависимость $\chi(T)$ характерна для дефектных материалов. За счет фонов-фононного и фонов-дефектного рассеяния χ уменьшается по закону $\chi \propto T^{-n}$. Рост количества замещающих ионов Er^{3+} уменьшает χ и показатель степени n в T^{-n} . Лучшим составом по термоэлектрической эффективности, образцов разных составов среди исследуемых $(\text{SnSe})_{1-x}(\text{Er}_2\text{Se}_3)_x$, является твердый раствор, содержащий $x=0,005$ мол% Er_2Se_3 . Его эффективность ZT в диапазоне от 400К и выше превышает 1, при температурах 670-800К достигает максимальных значений $ZT=1,8$. Улучшены все параметры, определяющие величину Z при рабочих температурах: достигнуты высокие значения коэффициента термо-эдс, $S > 350 \text{ мкВ} \cdot \text{К}^{-1}$, низкие значения теплопроводности, $\chi \leq 12,5 \cdot 10^{-3} \text{ Вт} \cdot \text{см}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$, и достаточно высокая для указанных температур электропроводность, $\sigma > 180 \text{ Ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$. Пока среди исследуемых образцов $(\text{SnSe})_{1-x}(\text{Er}_2\text{Se}_3)_x$ образец с $x = 0.005$ является наиболее перспективным рабочим материалом для изготовления приемников теплового излучения.

Список литературы:

1. Поздняков Б.С., Коптелов Е.А. Термоэлектрическая энергетика. М.: Атомиздат, 1974. 264 с.
2. Иванова Л.Д., Петрова Л.Е., Гранаткина Ю.В., Земсков В.С. и др. // Неорганические материалы. -2011. – Т. 47, № 5. – С 521.

3. Булат Л.П., Иорданишвили Е.К., Пустовалов А.А., Федоров М.И. // Термоэлектричество. -2009. -№4.-С. 7.
4. Шелимова Л.Е., Карпинский О.Г., Свечникова Т.Е. и др. //Неорганические материалы. -2004. –Т.40, № 12. –С. 1440.
5. Дмитриев А.В., Звягин И.П. «Современные тенденции развития физики термоэлектрических материалов» УФН, 2010. Том 180, №8 с.821.
6. Алиев. Ф.Ф., Гасанов Г.А. //ФТП, 2012. Т.46, (3). с. 313.
7. Larson P., Mahanti S. D., Sportouch S., Kanatzidis M. Phys Rev B, 1999 vol. 59, No 24, 15660.
8. Иоффе А.Ф. Полупроводниковые термоэлементы (М.–Л., АН СССР, 1960).
9. Гуриева Е.А., Константинов П.П., Прокофьева Л.В., Ю.И. и др. ФТП, 37 (3), 292 (2003).
10. Гусейнов Дж.И., Мургузов М.И., Исмаилов Ш.С. // Неорганические материалы. - 2008. т.44, № 5, с. 542.

**NON-CONVENTIONAL MATERIALS FOR MANUFACTURING
THERMAL RADIATION RECEIVERS ON THE BASIS
OF THE (SnSe)_{1-x}(Er₂Se₃)_x SOLID SOLUTIONS**

O.M. Ghasanov, H.A. Adgezalova, Dzh.I. Guseynov

Azerbaijan State Pedagogical University, Baku, Az 1000, Azerbaijan

e-mail: cih_58@mail.ru, 1959oktay@mail.ru

Abstract

In the paper the temperature dependences of the electrical conductivity, Hall coefficients, thermo-emf and thermal conductivity in the temperature range between 300–950 K for (SnSe)_{1-x}(Er₂Se₃)_x alloys have been investigated. The number of carriers transferred from impurity levels to the conduction band at room temperature stabilizes and consequently the electrical conductivity decreases due to a decrease in Hall mobility, and with the onset of intrinsic conductivity increases due to an increase in the intrinsic carrier concentration. The change in the Hall coefficient with temperature is in good agreement with the variation of the electrical conductivity with temperature of (SnSe)_{1-x}(Er₂Se₃)_x crystals, i.e. at low temperatures R remains constant and with the onset of intrinsic conductivity decreases with increasing temperature. The coefficient of thermo-emf of crystals at low temperatures in the impurity region increases and with the onset of intrinsic conductivity decreases, which is the case for semiconductor compounds and solid solutions with a complex band structure.

The study of efficiency extremes and δ in (SnSe)_{0.995}(Er₂Se₃)_{0.005} shows that Z reaches its maximum value at the current carrier concentration $n \cong 2.81 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$. It is shown that an increase in σ and a decrease in χ lead to an increase in the power factor $P = S^2 \sigma$ and Z. However, autodoping with erbium strongly affects Z, which is clearly linked to a change in the number of the intrinsic defects. It should be noted that a similar dependence $\chi(T)$ is characteristic of defective materials. Through phonon-phonon and phonon-defect scattering χ decreases according to the law $\chi \propto T^{-n}$. An increase in the number of replacement ions Er^{3+} decreases χ and the exponent n in T^{-n} . The best composition in terms of thermoelectric figure of merit among the studied samples (SnSe)_{1-x}(Er₂Se₃)_x is a solid solution containing $x=0,005$ mol% Er_2Se_3 . Its thermoelectric efficiency ZT in the range of 400K and above exceeds and in the temperature range between 670-800K reaches the maximum value $ZT=1,8$. All parameters determining the Z value at working temperatures have been improved: achieved high values of the thermo-emf coefficient $S > 350 \mu\text{VK}^{-1}$, low values of thermal conductivity $\chi \leq 12,5 \cdot 10^{-3} \text{ Wcm}^{-1}\text{K}^{-1}$ and sufficient high for these temperatures the electrical conductivity $\sigma > 180 \text{ Ohm}^{-1} \text{ cm}^{-1}$. So far, among the studied samples (SnSe)_{1-x}(Er₂Se₃)_x the sample with $x=0,005$ is the most non-conventional material for manufacturing thermal radiation receivers.

ВЛИЯНИЕ РАДИАЦИИ НА БИТУМНЫЕ КОМПОЗИЦИИ ГИДРОИЗОЛЯЦИОННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Г.М. Гатамханова¹; Н.К. Гулиева²; И.И. Мустафаев²

¹Азербайджанский Университет Архитектуры и Строительства,
Баку, AZ 1073 Азербайджан, e-mail: gulnaraitf@gmail.com

²Институт Радиационных Проблем НАН Азербайджана

Битум с давних пор является одним из наиболее известных и важных строительных материалов. Благодаря своим адгезионным и гидрофобным свойствам он находит широкое применение как гидроизоляционный материал, в дорожном строительстве, изготовлении кровельных материалов, при строительстве фундаментов зданий и сооружений. Из-за стойкости к радиационному воздействию битумные композиции применяются в ядерной энергетике, а также для защиты от радиоактивных излучений [1]. Сбор, переработка и захоронение радиоактивных отходов осуществляется отдельно от других видов отходов. Кондиционирование радиоактивных отходов должно завершаться сокращением их объема, для чего применяются такие методы, как битумизация. Битум является экономичным материалом для обкладки земляных шахт, предназначенных для захоронения жидких радиоактивных отходов. В связи с этим изучение радиационной стойкости битумных материалов представляет особый интерес.

В работе исследованы процессы воздействия гамма-излучения на основные эксплуатационные свойства битумной композиции марки БН – проницаемость стандартной иглы (пенетрация), растяжимость в нить (дуктильность), температуру размягчения, температуру вспышки, и потерю массы при газообразовании – важного показателя битума, влияющего на его эксплуатационные свойства. В качестве источника ионизирующего излучения использован изотопный источник гамма-излучения ⁶⁰Со «MRX 30». Мощность источника излучения составляет 0,19 Гр/сек, при поглощенных дозах 0-200 кГр, интервале температур 20-450°С.

В табл. 1 приводятся средние значения радиационно-химических выходов и концентраций газов при радиоллизе битума в интервале температур 20-450°С.

Таблица 1

Зависимости средних значений радиационно-химических выходов (молек/100 эВ) и концентраций (%) газов от температуры при гамма-радиоллизе битума

Т	H ₂		CO		CH ₄		C ₂ H ₄		C ₂ H ₆		C ₃ H ₈		C ₄ H ₁₀		ΣG
	G	%	G	%	G	%	G	%	G	%	G	%	G	%	
20	0,21	48,7	0,05	12,0	0,01	3,47	0,04	10,9	0,07	17,3	0,02	4,62	0,01	3	0,43
100	0,32	46,1	0,08	12,5	0,02	3,03	0,09	14,14	0,09	14	0,04	6,2	0,02	4,29	0,69
200	0,6	30	0,34	17	0,03	50	0,32	16,2	0,332	16,5	0,243	12,1	0,123	6,14	2,00
300	1,95	32	0,61	10	0,09	1,62	0,88	14,5	0,98	16,1	0,58	9,65	0,97	16	6,10
400	11,5	34	1,18	3,5	5,54	16,4	4,54	13,4	4,23	12,5	2,23	6,6	4,56	13,5	33,7
450	18,3	17,6	4,34	4,18	21,65	20,85	19,23	18,53	16,32	15,72	12,54	12,08	11,43	11,0	104

Из таблицы видно, что повышение температуры радиоллиза до 450°С приводит к повышению радиационно-химического выхода водорода от 0,21 до 18,3 молек/100 эВ. В значениях выходов и других газов также наблюдается экспоненциальная зависимость от температуры. Однако с повышением температуры радиоллиза наблюдается снижение концентрации водорода в газовой смеси от 48,7% до 17,6%, что связано с преобладанием деструктивных процессов. Процессы дегидрогенизации, протека-

ющие при низких температурах до 300°C, с повышением температуры заменяются деструктивными процессами. На практике при использовании битумов рассматриваются, в основном, температуры до 200°C, а так как при этом даже при дозах облучения битума $D=200$ кГр потеря массы составляет до 0,1% масс., то получается, что данные условия находятся в допустимых границах эксплуатации.

По радиационно-химическим выходам газов рассчитаны значения энергии активации образования газов в двух температурных интервалах (табл. 2).

Таблица 2

Значения энергии активации образования газов при радиоллизе битума в двух температурных интервалах (ккал/моль)

ΔT °C	E (H ₂)	E (CO)	E(CH ₄)	E(C ₂ H ₄)	E(C ₂ H ₆)	E(C ₃ H ₈)	E(C ₄ H ₁₀)
20-200	5,9	18,0	6,0	8,3	8,3	14,4	5,6
200-450	102,4	16,3	38,4	86,5	134,6	125	77,0

При исследовании влияния излучения на битумные материалы необходимо учесть, что битумы представляют собой углеводородные смеси, содержащие различные фракции насыщенных, олефиновых, ароматических соединений [2]. Изменение механических свойств облученного битума зависит от его состава. Скорость этого процесса несколько повышается при наличии олефинов и замедляется при высоком содержании ароматических соединений. Изменения эксплуатационных свойств битума в зависимости от поглощенной дозы облучения представлены в табл. 3.

Таблица 3

Зависимость эксплуатационных свойств битума от времени гамма-облучения

Время облуч., ч	Доза, кГр	Проницаемость иглы, (25°C) 0,1 мм	Растяжимость нити, мм	Тем-ра размягчения, °C	Тем-ра вспышки, °C	Газообразование до 200 °C, 10 ⁻⁴ % масс.
0	0	6	10	90	240	<1,0
5	3,2	38	30	70	240	16,1
18	11,7	35	60	60	230	57,8
100	64,8	40	85	50	230	421,1
200	129,6	40	85	50	220	642,3
300	194,6	41	100	50	200	863,4

Полученные экспериментальные данные показывают, что в исследуемом интервале дозы воздействие гамма-облучения приводит к снижению вязкости, повышению растяжимости, снижению температур вспышки и размягчения. Это указывает на повышение твердости и растяжимости исследуемой битумной композиции под воздействием облучения. Эти свойства имеют значительное влияние при использовании битумов [3]. Значение газообразования при этом не превышает 0,08%. По своему строению битумы представляют коллоидную систему, в которой диспергированы асфальтены, а дисперсионной средой являются смолы и масла, и свойства битума определяются соотношением входящих в него данных составных частей. Таким образом, изменения, вызванные облучением битума до 200 кГр, происходят в результате изменения соотношения находящихся в битуме масляных и смолистых фракций, а именно протеканием деструктивных и полимеризационных процессов. Повышение содержания асфальтенов и смол влечет за собой возрастание твердости, температуры размягчения и хрупкости битума. Наоборот масла, частично растворяющие смолы, делают битум мягким и легкоплавким. Снижение молекулярной массы масел и смол повышает пластичность битума.

Сравнение полученных показателей со стандартными, соответствующими битумам различного назначения, указывает на значительные изменения эксплуатационных свойств битума под воздействием гамма-облучения в указанных интервалах. Появляются возможности управления эксплуатационными свойствами битумных композиций воздействием радиации.

Список литературы:

1. Ковалева О.В. Влияние радиации на молекулярную структуру природных твердых битумов / Ковалева О.В., Юшкин Н.П. // Докл. РАН. – 2006. – Т. 410. – №4. – С. 516 – 518.
2. Самедова Ф.И. Технология получения битумов / Самедова Ф.И., А.А. Аллахвердиев // Баку. Элм. – 2007. – 155 с.
3. К.М. Якубов. Получение радиационно-стойкой битумной композиции. / Нефтепереработка и нефтехимия. – 2004. – №8. – С. 22 – 24.

**INFLUENCE OF RADIATION ON BITUMINOUS COMPOSITIONS
OF WATERPROOFING APPOINTMENT**

G.M. Hatamkhanova¹; N.G. Guliyeva²; I.I. Mustafayev²

¹*Azerbaijan University of Architecture and Construction,
AZ 1073, Azerbaijan, e-mail: gulnaraitf@gmail.com*

²*Institute of Radiation Problems of the National Academy of Sciences of Azerbaijan*

Abstract

Bitumens are used as irreplaceable waterproofing material, find application in condition of radiation impact, because of resistance to radiative effects. In this regard there was a need for a research of physico-chemical and operational properties of bituminous materials for a zone of ionizing radiation and their ability to resist to his influence.

It should be noted that the smallest changes in raw materials and processing technologies cause changes in the composition and properties of the bitumen. Therefore, depending on the designation particular attention is paid to the composition and technology of the bitumen.

ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ НАВОДНЕНИЙ НА ТРАНСГРАНИЧНЫХ РЕКАХ КУРА И АРАЗ

Э. К. Гафаров¹, А. Г. Ахмедова², Г. Д. Наджафова³

Азербайджанский Архитектурно Строительный Университет,

г. Баку, Az-1073, Азербайджан,

e-mail: ¹emilqafarov@inbox.ru, ²aytenaxmedova@mail.ru, ³cennaz@mail.ru)

С 1900 по 2003 г. на территории Азербайджана (в частности, в реках Кура и Араз) произошло около 150 наводнений, в результате которых экономический ущерб составил 1 млрд. долларов. Для предотвращения последствий наводнений было потрачено 1,5-2,0 млн. долларов.

Самые сильные наводнения за последние 50 лет были отмечены в 1967, 1969, 1979, 1982, 1988, 1997, 2003, 2006 и 2010 годах. В результате этих и других наводнений, произошедших в основном в Кура-Аразской низменности, определенная часть населения зон бедствия покидала свои дома, мигрировав на другие территории.[1].

В Кура-Аразской низменности повышение уровня воды ежегодно наблюдается в теплый период года в низких потоках вышеотмеченных рек. Земельные ресурсы Кура-Аразской низменности имеют важное сельскохозяйственное значение, но при этом сильно подверглись процессу минерализации почвы, которому в определенной степени также способствовали происходящие здесь наводнения. Расстояние между Мингячевирским водохранилищем и Каспийским морем на прямую составляет 250 км, а с учетом меандров – 647 км. Именно на этих территориях регулярно происходят случаи наводнения с наибольшими негативными последствиями. По исследованиям, проведенным учеными, примерно 15% населения Азербайджанской Республики живет под угрозой затопления. Одна треть административных районов, 8,4% населенных пунктов, 3% промышленных и 12% сельскохозяйственных предприятий, 14% автомобильных дорог страны периодически подвергаются влиянию наводнений.

Разрушение домов и хозяйств произошло и **во время наводнений, произошедших в апреле-июне 2010 года.** Это была одна из самых сильных за последние десятилетия наводнений, наблюдаемых в реках Кура и Араз. В результате этой разрушительной стихии, свыше 20 тыс. домов с около 100 тыс. жителями так или иначе пострадали. 70 тыс га земли, включая посевные площади и пастбища оказались под водой. Наводнению в наибольшей степени подверглись населенные пункты 8 районов (Сабирабадский, Саатлинский, Имишлинский, Кюрдамирский, Зардабский, Гаджигабульский, Сальянский и Нефтчалинский районы) и город Ширван [2].

В конце апреля и начале мая, с наступлением воды наблюдались первые разрушения в районах, расположенных вдоль реки Кура и Араз. Сотрудниками Министерства по чрезвычайным ситуациям жители пострадавших домов Сабирабадского района были отправлены в палаточные лагеря, разбитые на территории города Ширван. На первой стадии их размещения в Ширване было расселено около 1500 человек. В сооруженные здесь 176 палаток были переселены жители 9 сел Сабирабада, в основном сел Дадашбейли и Гарагюней. Надо отметить, что часть населения некоторых разрушенных сел в зоне бедствия составляли беженцы из Карабаха, временно размещенные в Сабирабаде и других районах. По словам экомигрантов села Гарагюней, они едва спаслись от атаки воды, не успев даже выпустить из стойла скотину и отцепить дворовых собак.

7 мая обрушилась 100-метровая часть плотины, находящийся ближе к Куре, глубина которого составляла около 18 метров. По данным «Азерэнерджи», количество

воды, поступившей в эти дни на участки из разрушенной части плотины, составлял 150 миллионов кубометров [3]. То есть только из первой плотины на участки поступила вода, объем которой был равен объему воды в Еникендском водохранилище.

К этому времени уровень воды в реке Араз, протекающей в Куру, продолжал подниматься. В Сабирабаде вокруг навесного моста через реку возникла угроза смывания единственной дороги, связывающей населенные пункты.

В зоне бедствия, населенный пункт Новрузлу Саатлинского района был одним из тех сел, которые были разрушены в наибольшей степени. В Новрузлу, расположенном между реками Араз и Кура, были повреждены все дома. Многие дома были снесены вовсе. После стихии было решено переселить жителей Новрузлу на другой населенный пункт – соседнее село ЕниНоврузлу.

Чтобы не допустить разрушительные действия повышения уровня воды в будущем, по указанию главы государства, был открыт новый приток реки Араз в Имишлинском районе. В мае 2011 года над этим притоком было сооружен мост [4]. Он был построен на 4-м километре автомобильной дороги Бахрамтепе-Билясувар. Реконструирована водо-принимательная установка на реке Араз, а на ее правом берегу реконструирована часть прибрежной дамбы в сторону нового притока реки, а также другие защитные дамбы, восстановлено функционирование старых и новых каналов. Таким образом, проводимые мероприятия по защите сел от возможных наводнений, свели вероятность повторного возникновения экомиграции в районе к минимуму.

В результате наводнения, происходящего в апреле-июне 2010 года в Сабирабадском, Саатлинском и Имишлинском районах в различной степени пострадали 97 сел. Ущерб был нанесен домам и хозяйствам, принадлежащим 10089 семьям. По трем районам зафиксировано 24,5 тыс. экомигрантов, безвозвратно покинувших место своего постоянного проживания [5].

Как краткосрочные и экстренные, так и долгосрочные мероприятия проведенные правительством Азербайджана по ликвидации и устранению негативных последствий наводнения можно признать удовлетворительной. Спасательные работы и эвакуация населения проводились своевременно. Во время наводнений человеческих жертв среди населения и экомигрантов не зафиксировалось.

По трем исследуемым районам, на восстановление и сооружение жилищных, инфраструктурных, административных и др. объектов, а также на выдачу финансовой помощи за наносимый населению и его хозяйству материальный ущерб, было потрачено 20848624 миллионов манатов. Это 66,0% от общей суммы, потраченной по всей стране в рамках борьбы с наводнением и его последствиями. В трех районах построены 3174 дома и 48 инфраструктурных объектов.

Происходящее в 2010 году наводнение в реках Кура и Араз была самой крупной природной катастрофой по своему масштабу, отмеченной в Азербайджане в годы независимости. Правительство страны успешно справилось с этим стихийным бедствием. Вместе с тем, происходящие наводнения заставляют задуматься о необходимости нового подхода в некоторых вопросах, связанных с социально-экономическими проблемами экомигрантов.

Список литературы:

1. Н.А.Пашаев, Н.А.Бабаханов. Экономическое и социально-географическое изучение стихийных бедствий. Баку: "Элм"2004. 134 стр.
2. М.Р.Мусаева. Использование мирового опыта в борьбе с наводнениями в Азербайджане. "Известия" Бакинского Государственного Университета, серия естественных наук. №2, стр. 165-169. 2010.
3. www.fhn.gov.az (официальная интернет-страница Министерства по Чрезвычайным Ситуациям Азербайджанской Республики).
4. Распоряжение Президента Азербайджанской Республики "О дополнительных мерах по ликвидации последствий стихийного бедствия, произошедшего в 2010

году в результате разлива рек Кура и Араз", № 2114, утвержденный от 29 марта 2012 года

5. www.migration.gov.az (официальная интернет-страница Государственной Миграционной Политики Азербайджанской Республики).

**ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT OF FLOODS
ON THE TRANSBOUNDARY RIVERS KURA AND ARAZ**

E.K. Qafarov¹, A.H. Akhmedova², G.D. Najafova³

Azerbaijan University Of Architecture and Construction, Baku, Az-1073, Azerbaijan

e-mail: ¹emilqafarov@inbox.ru, ²aytenaxmedova@mail.ru, ³cennaz@mail.ru

Abstract

The article provides a socio-economic study and an analysis of the problem of eco-migration carried out on the effects of flooding in the three selected areas. These are Sabirabad, Saatli and Imishli, areas where the population and the economy were seriously affected by the floods that occurred in the Kura and Araz rivers in the spring of 2010.

МАЛОИЗВЕСТНЫЕ, НО ПОВСЕМЕСТНО РАСПРОСТРАНЕННЫЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ В АРКТИКЕ И СУБАРКТИКЕ

В.Е. Глотов

*Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт
Дальневосточного отделения РАН (СВКНИИ ДВО РАН),
Магадан, 685000, Россия, e-mail: geoecol@neisri.ru*

Введение. Комплексное освоение арктических и субарктических районов России относится к числу наиболее важных и обоснованных правительственных государственных программ. Осуществление их полностью обусловлено необходимостью снабжения электроэнергией всех социально-бытовых и промышленных объектов. Для решения этой проблемы в настоящее время повсеместно используют тепловые станции, работающие на жидком нефтяном топливе, газе, углях. Эксплуатируются атомные электростанции, в опытным порядке используют ветроэлектростанции и солнечные батареи (Республика Саха-Якутия). Активно применяют гидроэлектростанции в Магаданской области и в Республике Саха (Якутия). Отдавая себе отчет в связях действующих источников энергии с экологическими проблемами, прогрессирующим ростом цен на органическое топливо (уголь, нефть, газ), внимание к естественным возобновляемым источникам электроэнергии (ВИЭ) со временем только усиливается, особенно таким, как ветровая, солнечного излучения, воды крупных и средних рек. На морских побережьях большой интерес потенциальных инвесторов вызывает энергия морских волн и течений, приливов – отливов. Широкую известность, например, получил проект приливной электростанции в вершине Пенжинской губы Охотского моря. Реально доступная среднегодовая выработка электроэнергии данной электростанции составит $201.3 \cdot 10^9$ кВт/ч. Предполагается эту энергию использовать для выработки водорода из воды местных горных рек, отличающихся прозрачностью и ультрапресной минерализацией (около 40 мг/дм³). На Пенжинской приливной электростанции можно будет ежегодно производить около 6 млн. т водорода, что эквивалентно примерно 12 млн. т нефтепродуктов [1]. Недостатки крупных проектов использования ВИЭ очевидны, отметим только два:

1. Они требуют очень больших вложений финансовых и материальных средств на создание качественно новой инфраструктуры для строительства станции, ее эксплуатации, выработки водорода и его транспортировки потребителям.

2. Практически затруднительно рассчитать экологические следствия создания приливной станции из-за возможных нарушений путей миграции рыб, особенно лососевых, и животных, изменения климата и его воздействия на приливы и отливы.

Вместе с тем, в арктических и субарктических районах работают довольно многочисленные малые предприятия, удаленные от крупных промышленных центров. Это оленеводческие хозяйства, бригады рыбаков и переработчиков рыбной продукции, золотодобывающие компании как круглогодичные, так и сезонные и т.д. Их энергоснабжение немыслимо без малых форм электрогенерации.

Цель доклада – показать, что в арктических и субарктических районах повсеместно распространены возобновляемые источники энергии, не зависящие от погодных условий. Используя эти источники, можно бесперебойно получать электроэнергию для удовлетворения местных нужд.

Краткая характеристика повсеместно распространенных ВИЭ. Практически неограниченным ресурсом ВИЭ является охлажденная в холодный период года земная атмосфера. Мы предлагаем использовать ее как холодильник в тепловой ма-

шине, нагревателем в которой являются земные недра.

Энергетическое направление использования холода привлекает внимание специалистов уже более 100 лет [2]. При этом используется то, что на северных широтах отмечаются наиболее значительные амплитуды температур между атмосферой, гидросферой и земными недрами, а также суточные, сезонные и годовые перепады температур гидросферы и атмосферы. Длительность холодного периода, благоприятного для производства энергии за счет разности температур разных сред на Севере Дальнего Востока, меняется от 200 дней на побережье Охотского моря до 265 на побережье Чукотского. Средняя за этот период температура атмосферы колеблется от $-12,3^{\circ}\text{C}$ на охотоморском побережье до -26°C во внутриконтинентальных районах, а в зимние месяцы почти повсеместно опускается ниже -30°C . Охлажденный воздух является холодильником в тепловой машине, источниками тепла которой могут быть земные недра на технически доступных глубинах. На Северо-Востоке России в среднем температура на глубине около 1000 м примерно 20°C . Тепловую машину для выработки электроэнергии за счет тепла недр и холода зимней атмосферы мы условно назовем тепло-холодильная электростанция (ТХЭС). Энергоносителем может быть вещество, оживающее при отрицательных температурах и переходящее в газообразное при температуре выше 0°C . Таким веществом могут быть фреон, аммиак и другие жидкости. По этому методу работают многие геотермальные станции, например, Паужетская. Давлением газа вращается турбина электрогенератора. Коэффициент полезного действия (КПД) тепловой машины можно рассчитать по известной формуле:

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}, \quad (1)$$

где T_1 – температура источника тепла в абсолютных градусах;

T_2 – температура холодильника в абсолютных градусах.

Этот принцип получения электроэнергии применяют также при обосновании использования энергетических ресурсов Океана. В этом случае источником тепла являются приповерхностные водные слои, нагреваемые в приэкваториальной зоне до температуры $+26^{\circ}\text{C}$. Холодильником служат слои воды на глубине 500-600 м, имеющие температуру около 4°C . Теоретические КПД машины около 8%. Тем не менее, такая термоэлектростанция считается очень экономичной [3]. Применяя как источник тепла недра Земли, а холода – отрицательно-температурную атмосферу, можно делать электростанции со значительно большим КПД. Расчетный КПД теоретической тепловой машины – от 0,1 до 0,27. Районирование территории по данному показателю приведено на рис.1.

В районах существующих термальных источников возможно создание нагревателей теплоносителя с использованием тепла воды источников, по аналогии с работающими электростанциями на геотермальных полях.

Технологическое направление использования естественного холода пока включает только охлаждение продовольственных товаров в наземных или подземных холодильниках и складах-холодильниках. Если аккумулировать низкие зимние температуры путем вымораживания растворов различных солей (хлористого натрия, кальция, магния), то летом можно охлаждать продукцию до температуры ниже -18°C без затрат электроэнергии.

Такие холодильники просты в эксплуатации, не нуждаются в источниках электроэнергии, поскольку хладагентом является соленая вода. Для обслуживания их не требуются высококвалифицированные кадры. Вместе с тем, эти холодильники позволяют сохранять добываемые продовольственные товары на труднодоступных участках в теплое время года с тем, чтобы затем вывозить накопленную продукцию по установившимся зимникам. Такой продукцией могут стать ягоды – дикоросы, грибы, мясо оленей, забитых в конце теплого - начале холодного периода года, мол-

люски, крабы, рыба и т.д.

Низкие температуры воздуха, сочетающиеся с очень малой его абсолютной влажностью, применимы для консервации продовольствия путем криогенного высушивания, для концентрирования минеральных вод, изготовления твердой углекислоты, пищевого льда. В будущем за счет зимних низких температур воздуха возможно изготовление айсбергов, как скоплений пресной воды, чтобы использовать их для транспортировки на рынки нуждающихся в пресной воде юго-восточных азиатских стран.

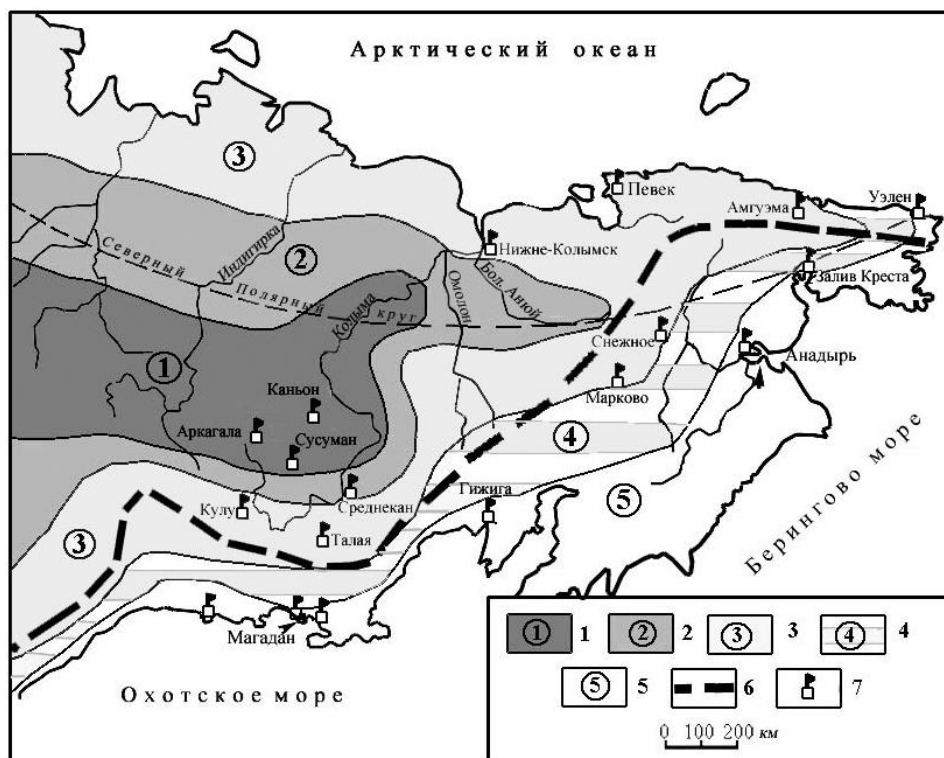


Рис. 1. Схема районирования территории Северо-Востока России по коэффициенту полезного действия (КПД) тепловых машин, использующих отрицательные зимние температуры воздуха (в период октября – апреля) и температуру горных пород на глубине 1000 м. КПД районов: 1 – $>0,25$; 2 – $0,2-0,25$; 3 – $0,15-0,2$; 4 – $0,1-0,15$; 5 – $<0,1$; 6 – Главный Мировой водораздел; 7 – метеостанции [4].

Холодная зимняя атмосфера северных территорий повысит энергообеспеченность в отдаленных районах всех промышленных производств, требующих охлаждения изготавливаемых товаров, прежде всего продовольственных.

Для работы ТХЭС в теплое время года можно использовать многолетнемерзлые горные массивы, которые предварительно перфорируют сетью субгоризонтальных скважин. В холодное время годы эти скважины используются для принудительной аккумуляции холода, в теплое – как холодильник в ТХЭС.

Целесообразно в этот период эксплуатировать миниГЭС на малых горных реках с площадью водосбора менее 500 км^2 . Такие реки с наступлением зимнего сезона пересыхают или перемерзают. Но в летнее время за 4-5 месяцев в них проходит годовой сток воды со средним многолетним расходом до $8 \text{ м}^3/\text{с}$. Теоретически их потенциальная мощность достаточно высокая, что увязывается с большими перепадами высот их истоков и устьев, как показано в таблице 1. Это позволило использовать их по всей площади суши Арктики и Субарктики без существенного экологического ущерба.

В целом можно утверждать, что холод зимней атмосферы в сочетании с теплом земных недр является перспективным повсеместно распространенным восполнимым источником энергии.

Показатели потенциальной мощности и энергии некоторых малых горных рек бассейнов арктических и тихоокеанских морей Северо-Востока России

Речки, створ	Площадь водосбора, км ²	Высота перепада, м (ΔН)	Средний за период стока расход, м ³ /с	Потенциальная мощность	
				кВт	кВт/км ²
Долгий, устье	315	1160	1,71	19460	61,8
Контрандья	194	1080	1,42	15045	77,6
Ампардах	135	990	1,09	9712	72
Верхний Нексикан	104	990	0,86	8353	80,3
Контактный Нижний	21,2	1070	0,17	1785	84,2
Встреча	5,35	1060	0,04	416	77,7
Ромоваам	100	410	1,46	5871	58,7
Пыркакайваам – п. Красноармейский	138	460	0,94	4241	38,7
Пильхинкууль	202	260	2,48	6264,6	31
Иультин	55,4	460	0,9	4090	73,8
Теплый	36,4	540	0,9	4768	131
Изыскательский, 1 км от устья	13,2	130	0,35	1150	87,1
Нырвакинот, 6 км от устья	207	550	3,24	17482	84,5
Дукча, устье	330	310	5,4	16423	49,8
Магаданка, мост Колымского шоссе	155	340	2,75	9173,2	59,2
Каменушка, устье	70,7	340	1,09	3883	55

Список литературы:

1. Дудов Н.И., Глотов В.Е., Горячев Н.А. Оценка естественной базы устойчивого развития Северо-Востока России в 21 в. // Вестник СВНЦ ДВО РАН. – 2008. – № 3. – С. 2 – 14.
2. Сумгин М.И. Вечная мерзлота почвы в пределах СССР. – М.: Изд-во АН СССР, 1937. – 208 с.
3. Горлов А.А. Энергия океана: фантастика и реальность // Новое в жизни, науке, технике. – М.: Знание, 1988. – № 9. – 48 с.
4. Glotov V.E., Glotova L.P., Goncharov V.I., Grevtsev A.V. The Directions of the Economy Using of the Cold in Sub-Arctic and Arctic (on the Example of the North-East of Russia. CD-ROM. ISCORD / The 7th International Symposium on Cold Region Development. Sept.13-17, 2004. Sapporo, Japan. – Proceedings 2004. – P. 687-693.

LOW-KNOWN, BUT EVERYWHERE DISTRIBUTED SOURCES OF ENERGY IN THE ARCTIC AND SUBARCTIC

V.E. Glotov

North-East Interdisciplinary Science Research Institute, Russian Academy of Sciences Far East Branch, Magadan, 685000, Russia, e-mail: geoecol@neisri.ru

Abstract

The report sets out a proposal for the use of the resources of the natural cold of the winter atmosphere by means of a thermal machine, in which the atmosphere is a refrigerator, and the bowels of the earth with a temperature of 20°C and above are used as a heater. It is noted that in the warm season, the refrigerator will be mountain ranges in a frozen state or cooled in winter by a system of dry wells.

ПЕРСПЕКТИВЫ НЕДР СЕВЕРО-ВОСТОКА РОССИИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ХРАНИЛИЩ ОСОБО ОПАСНЫХ ОТХОДОВ

В.Е. Глотов¹, Л.П. Глотова²

^{1,2}Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт
Дальневосточного отделения РАН (СВКНИИ ДВО РАН),
Магадан, 685000, Россия, e-mail: geocol@neisri.ru; glotova@neisri.ru

Введение. Северо-Восток России относится к числу преимущественно горных стран с повсеместно распространенной криолитозоной, мощность которой превышает глубину региональной гипергенной трещиноватости (>150 м). Геологическое строение региона очень сложное и определяется взаимодействием трех континентальных плит: Северо-Американской, Евразийской и Тихоокеанской. Главный водораздел Земли (ГВЗ) делит его на арктический и тихоокеанский склоны.

Коллизионное взаимодействие континентальных плит привело к образованию пяти орогенных поясов: юрско-раннемеловые Яно-Колымский и Олойско-Чукотский на арктическом склоне; Охотско-Корякский на тихоокеанском. На этом же склоне – раннемеловой Корякский, кайнозойский Сахалино-Камчатский. В сложении орогенных поясов на арктическом склоне участвуют террейны пассивной континентальной окраины и Анюйский субтеррейн из фрагментов активной окраины. Между юрско-раннемеловыми орогенными поясами имеются фрагменты кратонов Охотского, Омолонского, возможно, Эскимосского [1].

На тихоокеанском склоне распространены фрагменты террейнов активной окраины. Из числа надсубдукционных структур выделяется Охотско-Чукотский вулканоплутонический пояс (ОЧВП), протягивающийся от низовьев р. Амур до побережья Берингова пролива. Вулканогенные покровы этого пояса слагают отрезок ГВЗ, отделяющий водосборные площади арктических морей и тихоокеанских, как показано на рис. 1.

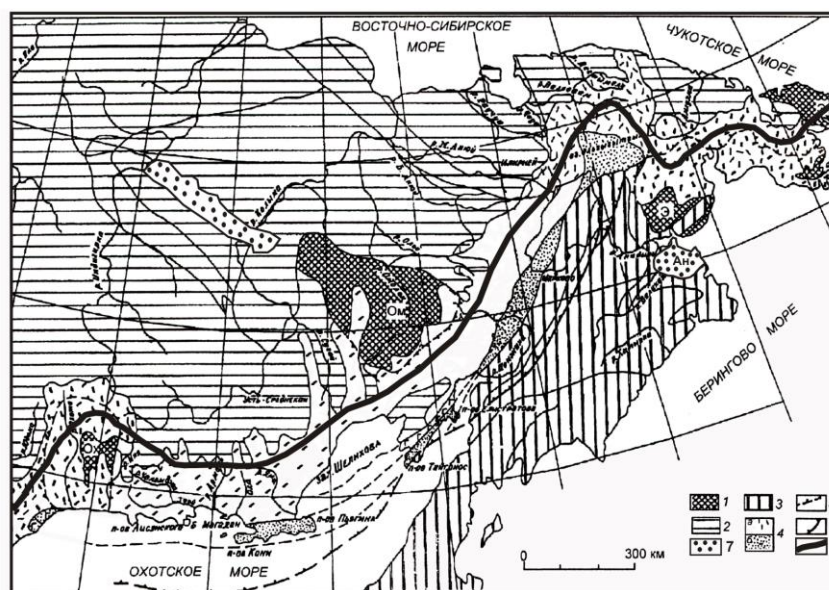


Рис. 1. Схема тектонического строения Северо-Востока России [1]: 1 – дорифейские кратоны (Ох – Охотский, Ом – Омолонский, Э – Эскимосский); 2 – орогенные юрско-раннемеловые пояса на арктическом склоне ГВЗ; 3 – орогенные пояса мелового и кайнозойского возраста на тихоокеанском склоне ГВЗ; 4 – Охотско-Чукотский вулканогенный пояс (в пределах внутренней зоны унаследованная (а) и новообразованная (б) подзоны); 5 – границы дорифейских массивов под покровами вулканических накоплений ОЧВП; 6 – разломы; 7 – осадочные бассейны; 8 – Главный водораздел Земли

Цель доклада – обратить внимание на наличие в недрах Северо-Востока России структур, перспективных для устройства хранилищ особо опасных отходов.

Материал для обсуждения. В настоящее время в северо-восточном регионе наиболее крупными производителями токсичных отходов являются золото- и серебродобывающие предприятия, которые используют для извлечения благородных металлов цианистый натрий.

Источником твердых и жидких радиоактивных отходов может стать Билибинская АЭС, гарантированный срок эксплуатации которой истек в 2005 г. За счет реконструкции и модернизации систем оборудования срок службы ее 4-х энергоблоков продлен на 15 лет. Однако необходимость ее консервации или замены реактора на более современный непременно появится, а, значит, возникнет потребность в длительном (тысячи и десятки тысяч лет) хранении радиоактивных конструкций.

Источниками радиоактивных и экологически опасных хлорорганических соединений могут быть надводные и подводные суда, как гражданские, так и военные. Подтверждением данного предположения являются планы активизации Северного морского пути для использования его, как международного. Необходимо также учитывать и тот факт, что надежное хранение особо опасных отходов может стать выгодным видом хозяйственной деятельности.

Безлюдность обширных пространств (плотность населения 1 чел на 5 км²), повсеместное распространение многолетнемерзлых пород (ММП), длительный (более 6 месяцев в году) зимний период и разнообразие геологических обстановок уже привлекли к региону внимание специалистов, занимающихся вопросами захоронения особо опасных отходов, прежде всего, радиоактивных [2; 3]. С позиций современных знаний представляется недостаточным при выявлении мест, благоприятных для их безопасного захоронения в недрах, ориентироваться только на современную гидродинамическую зональность. История геологического развития региона показывает, что на протяжении четвертичного периода за последние 250 тыс. лет наблюдались как минимум четыре морские трансгрессии с повышением уровня моря примерно до 30 м и четыре регрессии с понижением его до 150 м. Весьма значительны были и климатические колебания [4]. За этот период практически сформировался современный рельеф региона.

Влияние подобных флуктуаций природных условий, определяющих гидродинамические обстановки в недрах, распространяется на большие глубины. Так, Р.С. Кононова [5] выявила следы криогенных преобразований подземных вод в зоне весьма затрудненного водообмена Лено-Виллюйского артезианского бассейна в интервалах от нескольких сот до 2000 м. На Северо-Востоке России есть гидрогеологические и геологические доказательства понижения уровней подземных вод в артезианских бассейнах на морских побережьях до 600 м ниже современного уровня моря. Осушенные толщи заполнялись во времена климатических оптимумов пресными или морскими водами. Поэтому говорить о замедленном или весьма замедленном водообмене в недрах осадочных бассейнов и горных сооружений можно лишь с определенными оговорками.

В связи со сказанным, для определения районов расположения надежных хранилищ особо опасных отходов с различными сроками хранения нами применен комплексный метод изучения и анализа истории геологического развития территории, реконструкции палеогидрогеологических обстановок и особенностей формирования и развития многолетнемерзлых пород в верхнем плейстоцене.

В результате проведенных исследований на региональном уровне выявлено, что для создания хранилищ *твердых радиоактивных и других токсичных отходов* наиболее пригодны районы арктического склона ГВЗ, поскольку в бассейнах стока рек арктических морей климат более засушливый и холодный по сравнению с территорией тихоокеанского склона. На арктическом склоне для устройства надежных

хранилищ перспективны фрагменты кратонов, сложенные гранитно-метаморфическими комплексами, и районы развития палеозойского и мезозойского осадочного чехла на площади кратонов Охотского, Омолнского, Эскимосского, а также поля развития эффузивных покровов мелового и палеогенового возраста, выполняющие отрицательные тектонические структуры (кальдеры, структуры проседания и т.д.). Такие структуры распространены очень широко, но наиболее многочисленны они в пределах ОЧВП. Для выбора хранилищ на глубине первых сотен метров очень перспективны также тектонические плиты или их части в зонах палеосубдукций.

Необходимо указать на отсутствие предпосылок для создания многолетних надежных хранилищ особо опасных отходов и в толщах аккреационных террейнов и пассивных континентальных окраин. В этих объектах породы разбиты трещинами кливажа, тектоническими, литогенетическими, сланцеватости и т.д.

При поисках мест для хранилищ первоочередное внимание должно быть уделено районам распространения многолетнемерзлых пород, мощность которых превышает глубину распространения региональной гипергенной трещиноватости. В случае невыполнения этого требования существует вероятность, что при нарушении целостности хранилищ выходы на поверхность загрязненных вод зоны подмерзлотной трещиноватости негативно скажутся на качестве поверхностных.

Для захоронения *жидких и газообразных особоопасных отходов* пригодны глубокие осадочные бассейны (ОБ). Как показано ранее [6], в вертикальном разрезе глубоких ОБ в ходе прогрессивного литогенеза создаются три гидрогеологических этажа, различающиеся генезисом подземных вод и источником их энергии, структурой гидродинамических систем, характером гидрогеохимических процессов и химизмом подземных вод.

В верхней части ОБ, открытой для тепломассообмена с дневной поверхностью, в обстановках протокатагенеза и начальной стадии мезокатагенеза осадочных отложений обособляется гидродинамический пластовый этаж, структура которого соответствует артезианскому бассейну.

Поскольку на СВР в осадочных чехлах ОБ и их горноскладчатом обрамлении отсутствуют эвапоритовые формации, а климат в течение всего позднего палеозоя, мезозоя и кайнозоя был гумидным, то единственным источником хлоридов в водах является море. Поэтому по содержанию в воде хлор-иона можно судить об интенсивности водообмена. Эту интенсивность рассчитываем по формуле: $C_t = C_o \cdot e^{it}$, где C_t – содержание хлор-иона в подземных водах в современное время, C_o – содержание хлор-иона в воде бассейнов седиментации (определяется по данным микрофаунистических анализов), i – индекс водообмена, t – длительность инфильтрационного этапа.

Ниже по разрезу ОБ в литогенетических условиях средних и поздних стадий мезокатагенеза пластовая артезианская гидродинамическая система сменяется постартезианской. Ей свойственно неоднородное гидродинамическое поле, сочетающее гидравлически изолированные и частично изолированные пластовые, поровые, каверно-трещинные, трещинно-жильные резервуары. Характерно наличие резервуаров с пластовыми давлениями ниже условного нормального гидростатического. Это связано с возникновением вторичной трещиноватости или пористости при дегидратации минералов, при проявлении диапиризма, тектонической деформации пластов.

Более глубокие горизонты осадочного чехла, находящиеся в обстановках апокатагенеза и регионального метаморфизма, можно рассматривать как своеобразную метаморфогенную флюидосодержащую систему, которая характеризуется квазипластовым трещинным и трещинно-жильным типами проницаемости.

При инверсии тектонических движений возникают гидрогеологические структуры с редуцированным (частично и полностью) верхним этажом, а иногда и средним

постартезианским. В ряде бассейнов СВР имеются участки с трехэтажным гидрогеологическим строением, соседствующие с участками двух- и даже одноэтажными. Выявленные особенности становления гидрогеологических условий ОБ позволяют обоснованно подойти к выделению участков или блоков для устройства хранилищ особоопасных отходов с различными гарантированными безопасными сроками их хранения, используя теоретически обоснованные способы захоронения [7].

В артезианской пластовой системе в зонах затрудненного или весьма затрудненного водообмена целесообразно проводить магазинирование отходов на срок в десятки, сотни, первые тысячи лет. Отметим, что в нашем регионе в строении чехла большинства ОБ большую роль играют кремнистые осадочные породы (диатомиты, опоки, трепела, кремнеземистые алевролиты и аргиллиты). На стадиях протокатагенеза и начала мезокатагенеза они сохраняют высокую общую пористость и сорбционные свойства, что позволяет создавать в таких толщах слабо фильтрующие хранилища воды, загрязненной токсичными органическими веществами и металлами. При затрудненной фильтрации через толщу кремнистых пород они будут очищаться до приемлемых кондиций. Для долговременного хранения жидких особо опасных отходов весьма благоприятны изолированные емкости с аномальными низкими пластовыми давлениями в постартезианской системе. Нами разработаны способы выявления подобных природных емкостей [8] с использованием методов литогенетических и геофизических исследований. В будущем представляется рациональным закачивание радиоактивных жидких отходов в метаморфогенную гидродинамическую систему с формированием искусственных гидротермальных месторождений токсичных соединений и металлов.

В качестве перспективных объектов привлекают внимание подмерзлотные емкости с аномально низкими гидростатическими напорами и линзы отрицательно температурных сильносоленых вод (криопэги), имеющиеся практически во всех ОБ в толще ММП и ниже их подошвы.

В целом, можно констатировать, что на Северо-Востоке России есть районы, в недрах которых существуют мерзлотно-гидрогеологические и геологические предпосылки для хранения особо опасных отходов на протяжении тысяч и десятков тысяч лет. Хранение жидких и газообразных отходов перспективно производить в глубоких осадочных бассейнах с развитым постартезианским гидрогеологическим этажом.

Для создания долговременных хранилищ твердых отходов благоприятны блоки эффузивных и туфогенных пород в пределах неотектонически стабильных площадей, которым свойственны относительно высокие доли подземных вод в питании малых горных рек.

Список литературы:

1. Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России в 2-х кн./под ред. А.И. Ханчука. - Владивосток: Дальнаука, 2006. – Кн. 1. – С. 1 – 572.
2. Кочкин Б.Т. Выбор геологических условий для захоронения высокорadioактивных отходов: автореф. дисс. ... доктора геол.-мин. наук. – 2002. –31 с.
3. Родкин М.В. Возможные дополнительные требования к выбору мест захоронения радиоактивных отходов / 4-е Геофизические чтения им. В.В. Федынского. Москва, 28.02.-2.03.2002 г.): тез. докл. – М.: Центр ГЕОН, 2002. – С. 106 – 107.
4. Глотов В.Е., Глотова Л.П. К проблеме формирования и геоэкологической значимости хлоркальциевых вод северного побережья Охотского моря // Колыма. – 2000. - № 3. – С. 22-25.
5. Кононова Р.С. Гидрохимическая зональность подземных вод северо-восточной части Сибирской платформы в связи с криогенезом: автореф. ... канд. геол.-минер. наук. – Иркутск: ИЗК СО АН СССР, 1971. – 23 с.

6. Глотов В.Е. Гидрогеология осадочных бассейнов Северо-Востока России и особенности формирования подземных вод // Вестник СВНЦ ДВО РАН. – 2008. – № 1. – С. 12-32.
7. Мироненко В.А., Румынин В.Г. Проблемы гидрогеоэкологии. Т. 3. Кн. 2. Прикладные исследования. – М.: Московский горный университет, 1999. – 813 с.
8. Авторское свидетельство №1526349 от 28.12.87 г. Способ подземного захоронения жидких и газообразных веществ. Автор В.Е. Глотов.

PROSPECTS OF THE NORTH-EAST OF RUSSIA FOR CREATING UNDERGROUND STORAGE OF SPECIAL HAZARDOUS WASTES

V.E. Glotov, L.P. Glotova

*North-East Interdisciplinary Science Research Institute, Russian Academy of Sciences
Far East Branch, Magadan, 685000, Russia,
e-mail: geoecol@neisri.ru; glotova@neisri.ru*

Abstract

Analyzed the geological and geographical prerequisites for identifying objects that are promising for the device reliable (from 100 to 10 thousand years) storage of radioactive, organochlorine, cyanide compounds. Such objects are possible in the depths of the cratons, first of all, the Omolon. Calderas and other negative structures made of volcanogenic strata with a cryolithozone thickness greater than the depth of cryogenic fracturing are promising. It is shown that hydrogeodynamic floors of deep sedimentary basins are promising for the storage of liquid and gaseous hazardous wastes.

УДК 550.47

НАКОПЛЕНИЕ РАДИОНУКЛИДОВ ЧЕРНОБЫЛЬСКИХ ВЫПАДЕНИЙ РАСТЕНИЯМИ НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМ

В.В. Головешкин, С.А. Калиниченко

*Государственное природоохранное научно-исследовательское учреждение
«Полесский государственный радиационно-экологический заповедник»,
г. Хойники, 247618, Беларусь, e-mail: goloveshkin.victor@yandex.ru*

Растительный покров является одним из ключевых звеньев в процессах вовлечения радионуклидов в биологические круговороты. Доступность радионуклидов растениям зависит от многих факторов, среди которых основными являются физико-химические свойства радионуклидов, типы почв, их минеральный состав, кислотность, гидрологический режим, а также климатические условия. Определить доминирующую роль каждого из факторов и расставить приоритеты по степени влияния на поступления нуклидов в определенные виды растений весьма сложно. В связи с этим исследования особенностей накопления радионуклидов растительностью наземных экосистем является весьма важной и актуальной проблемой радиоэкологии.

Основной целью наших исследований было изучить особенности накопления радионуклидов растениями на объектах постоянной реперной сети и установить факторы, влияющие на них. Все пункты постоянных наблюдений (ППН) расположены на территории зоны отчуждения на расстоянии 10-12 км от ЧАЭС. Характеристика постоянных пунктов наблюдения представлена в таблице 1.

Таблица 1

Характеристика постоянных пунктов наблюдения

Название объекта	Номер ППН	Тип почв
Залежные земли	1	дерново-подзолистая, супесчаная, слабоподзоленная, пахотная
Санитарно-защитная зона ст. Масаны	2	дерново-подзолистая, супесчаная, слабоподзоленная, пахотная
Метеоплощадка ст. Масаны	4	дерново-подзолистая, супесчаная, слабоподзоленная, пахотная
Берёзовый лес	5	дерново-подзолистая, среднеподзоленная с оторфованным гумусовым горизонтом
Сосновый лес	6	дерново-подзолистая оглеённая, песчаная слабоподзоленная
Вершина Ясевой горы	7	дерново-подзолистая, супесчаная, слабоподзоленная, старопахотная
Склон Ясевой горы	8	дерново-подзолистая, песчаная, слабоподзоленная,
Высокая пойма	9	дерново-подзолистая, супесчаная, слабоподзоленная, старопахотная
Низкая пойма	10	торфянисто-глеявая
Урез воды озера Персток	11	аллювиальная дерновая
Высокий берег озера Персток	12	дерново-подзолистая, супесчаная, слабоподзоленная, старопахотная

По условиям увлажнения почвы постоянных пунктов наблюдения № 1-4, № 6-9, №12 являются автоморфными, площадок № 5, № 10, №12 – гидроморфными.

Отбор проб почвы для оценки плотности радиоактивного загрязнения производился методом вложенных квадратов. Отбор проб проведен стандартным пробоот-

борником (диаметр 40 мм, высота 200 мм) – по четыре укола на каждую экспериментальную площадку, представляющую собой квадрат. При изучении накопления радионуклидов растительностью на постоянных пунктах наблюдения в течении вегетационного периода параллельно с объединенной почвенной пробой, также отбиралась смешанная проба растений на учетной площади 1 м². В лабораторных условиях пробы почвы и растений высушивались при температуре 20-25 °С. По окончании пробоподготовки образцы помещались в сосуды «Маринелли» (объем 1 л), или "ден-ты" (0,1 л) для последующего определения радионуклидов. Определение удельной активности ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr в пробах проводили инструментальным методом на γ-β-спектрометре "МКС-АТ1315" (Атомтех, Беларусь) с блоком детектирования для регистрации γ-излучения на основе сцинтилляционного кристалла NaI (ТГ) размерами Ø63 x 63 мм с погрешностью измерений не более 20 %. Для регистрации β-излучения использовался органический сцинтиллятор на основе полистирола, активированного паратерфинилом, размерами Ø128 x 9 мм [1]. Измерения ²⁴¹Am проводили на γ-спектрометре "Canberra" (Canberra Industries, Inc., USA) с детектором из особо чистого германия с композитным углеродным окном с регистрацией γ-излучения в диапазоне энергий 20 – 2000 кэВ с погрешностью не более 25 % [2].

Математическая и статистическая обработка результатов исследования осуществлялась на персональном компьютере с помощью пакетов прикладных программ. Сведения о содержании радионуклидов в почве постоянных пунктов наблюдения представлены в таблице 2.

Таблица 2

Содержание ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr и ²⁴¹Am в почве постоянных пунктов наблюдения в 2018 году

Название объекта	Номер ППН	Плотность радиоактивного загрязнения почвы, кБк/м ²		
		¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	²⁴¹ Am
Залежные земли	1	2983	1358	69,2
Санитарно-защитная зона ст. Масаны	2	225	54	0,9
Метеоплощадка ст. Масаны	4	4266	252	29,9
Березовый лес	5	3142	1712	42,9
Сосновый лес	6	5023	1203	75,7
Вершина Ясевой горы	7	3493	852	105,0
Склон Ясевой горы	8	4825	232	135,4
Высокая пойма	9	4328	852	45,5
Низкая пойма	10	6242	3270	113,8
Урез воды озера Персток	11	2075	1232	20,1
Высокий берег озера Персток	12	3977	1895	52,8

Результаты исследований показали, что в текущем году плотность радиоактивного загрязнения почвы экспериментальных площадок ¹³⁷Cs 225 – 6242 кБк/м² (6,1 – 168,7 Ки/км²), ⁹⁰Sr – 54 – 3270 кБк/м² (1,5 – 88,4 Ки/км²), ²⁴¹Am – 0,9 – 135,4 (0,02 – 3,66 Ки/км²). Наибольшее значение плотности загрязнения для ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr отмечалось на ППН-10 (низкая пойма), а для ²⁴¹Am на ППН-8 (склон Ясевой горы). Наиболее низкие уровни загрязнения почвы радионуклидами наблюдались на ППН-2 (санитарно-защитная зона станции Масаны). Варьирование величин плотности загрязнения на пунктах постоянных наблюдений демонстрирует влияние типа фитоценоза, особенностей протекания биохимических процессов, а также подтверждает высокую неоднородность распределения радионуклидов даже в пределах одного и того же места отбора.

Данные об удельной активности ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr и ²⁴¹Am в растительном покрове постоянных пунктов наблюдения представлены в таблице 3.

Удельная активность радионуклидов (^{137}Cs , ^{90}Sr и ^{241}Am) в растительном покрове постоянных пунктов наблюдения в 2018 году

Номер ППН	Ботанический состав	Содержание радионуклида в растительном покрове, Бк/кг		
		^{137}Cs	^{90}Sr	^{241}Am
ППН-1	Пырей ползучий Мятлик луговой Хвощ полевой Зверобой продырявленный Конский щавель Пижма обыкновенная	205	12672	13
ППН-2	Пырей ползучий Тимофеевка луговая Кострец безостый Полынь горькая	147	6214	9,5
ППН-4	Кладония оленья	59347	5657	1022
ППН-5	Осока пузырчатая	44052	3334	39
ППН-6	Плевроциум Шребера	33864	8425	48
ППН-7	Пырей ползучий Мятлик луговой Булавоносец седой Щавель конский Фиалка полевая Гвоздика песчаная Подмаренник белый	178	13239	10
ППН-8	Кладония оленья	125737	4416	784
ППН-9	Пырей ползучий Вейник наземный Мятлик луговой	2192	10622	20
ППН-10	Осока обыкновенная Вейник наземный Мятлик луговой Крапива двудомная Тростник обыкновенный Клевер луговой	147	2183	5
ППН-11	Тростник обыкновенный Мятлик луговой Аир обыкновенный	334	15075	15
ППН-12	Крапива двудомная Осока обыкновенная Мятлик луговой Клевер луговой	607	14449	12

Величина удельной активности растений для ^{137}Cs составляла 147 – 125737 Бк/кг. Минимальная удельная активность ^{137}Cs в растительном покрове отмечалась на санитарно-защитной зоне станции Масаны и низкой пойме (147 Бк/кг). Максимальная удельная активность радионуклида была на уровне 125737 Бк/кг и наблюдалась в растениях на склоне Ясево́й горы.

Удельная активность ^{90}Sr в растительном покрове также значительно различалась. Минимальная удельная активность радионуклида имела значение 2183 Бк/кг (низкая пойма), а максимальная - 15075 Бк/кг (урез воды озера Персток).

Содержание ^{241}Am в растительном покрове было на уровне 5,0 – 1022,0 Бк/кг.

На основании полученных данных по удельной активности радионуклидов в почве и растительном покрове были рассчитаны коэффициенты перехода (Кп) радионуклидов в растения (таблица 4).

Коэффициенты перехода радионуклидов из почвы в растительный покров на постоянных пунктах наблюдения в 2018 году

Название объекта	Коэффициент перехода, Бк/кг: кБк/м ²		
	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	²⁴¹ Am
Залежные земли	0,07	9,33	0,19
Санитарно-защитная зона ст. Масаны	0,65	114,07	11,14
Метеоплощадка ст. Масаны	13,91	22,42	34,14
Берёзовый лес	14,02	1,95	0,91
Сосновый лес	6,74	7,00	0,63
Вершина Ясевой горы	0,05	15,54	0,10
Склон Ясевой горы	26,06	19,01	5,79
Высокая пойма	0,51	12,46	0,44
Низкая пойма	0,02	0,67	0,04
Урез воды озера Персток	0,16	12,24	0,75
Высокий берег озера Персток	0,15	7,63	0,23

Анализ расчетов показал, что коэффициенты перехода ¹³⁷Cs составляли от 0,02 (низкая пойма) до 26,06 (склон Ясевой горы). Наиболее сильное накопление радионуклида выявлено у осоки пузырчатой и лишайника кладония оленья (Кп ¹³⁷Cs – 14,02 и 26,06). Это связано с биологическими и физиологическими особенностями данных видов растений. Так, например, известно, что осоково-злаковые и особенно осоковые ценозы, произрастающие на постоянно переувлажненных почвах, накапливают ¹³⁷Cs в 5-100 раз больше, чем любые другие ценозы.

Известно, что лишайники способны аккумулировать в своем слоевище элементы из окружающей среды в количествах, намного превосходящих их физиологические потребности. М.Г. Нифонтовой и ее коллегами установлено, что лишайники накапливают радионуклидов примерно больше, чем травянистые растения на той же территории. Отмечено, что наиболее активно аккумулируется данными растениями радиоцезий, в сравнении с другими радионуклидами, а в основе его накопления лежат физиолого-биохимические процессы, связанные с метаболической активностью талломов. Также стоит отметить, что в накоплении радионуклидов участвуют как грибной, так и водорослевый компоненты лишайника, однако преимущественная абсорбирующая роль принадлежит микобионту, составляющему основу структурной организации слоевища [3, 4]. Некоторые исследователи отмечают, что аккумуляция ¹³⁷Cs в талломах лишайников коррелирует с уровнями аэральных выпадений.

Значения параметров перехода ⁹⁰Sr практически на всех площадках, за исключением березового леса и склона Ясевой горы, были выше, чем ¹³⁷Cs и составляли 0,67 – 114,07. Эта закономерность может быть обусловлена тем, что в ближней зоне ЧАЭС, загрязненной преимущественно диспергированными частицами ядерного топлива, в настоящее время происходит процесс разрушения топливных частиц. В результате этого процесса радионуклиды, входящие в топливную матрицу, в частности ⁹⁰Sr, переходят в мобильную форму, что способствует интенсификации переноса ⁹⁰Sr в растительность. [5]. В отличие от ⁹⁰Sr значительная доля ¹³⁷Cs оказалась прочнофиксированной почвенно-поглощающим комплексом. Наибольшее поступление ⁹⁰Sr из почвы в растительный покров наблюдалось на ППН-2 (Кп ⁹⁰Sr – 114,07) и ППН-4 (Кп ⁹⁰Sr – 22,42).

Величина коэффициентов перехода ²⁴¹Am варьировала в пределах от 0,04 на низкой пойме до 34,14 на метеоплощадке станции Масаны.

Таким образом, в ходе выполненных исследований было установлено, что депонирование радионуклидов растительным покровом имеет свои особенности и значительно отличается по величине. Доказано, что размеры параметров перехода радио-

нуклидов в растения постоянных пунктов наблюдения в значительной степени определялись их высокой видовой специфичностью и эдафическими свойствами их мест произрастания.

Список литературы:

1. МВИ.МН 1181-2011. Методика измерений объемной и удельной активности ^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{40}K на гамма-бета-спектрометре типа МКС-АТ1315, объемной и удельной активности гамма-излучающих радионуклидов ^{137}Cs , ^{40}K на гамма-спектрометре типа ЕЛ 1309 (МКГ-1309) в пищевых продуктах, питьевой воде, почве, сельскохозяйственном сырье и кормах, продукции лесного хозяйства, других объектах окружающей среды. – Минск: «Атомтех», 2011. –31 с.
2. МВИ.МН 3151-2009. Методика выполнения измерений удельной активности гамма-излучающих радионуклидов ^{137}Cs и ^{241}Am в почве, донных отложениях и других объектах окружающей среды на гамма-спектрометрах с полупроводниковыми детекторами с бериллиевым или композитным углеродным окном. – Хойники: «Полесский государственный радиационно-экологический заповедник», 2009. –14 с.
3. Нифонтова, М.Г. Лихено- и бриоиндикация радиоактивного загрязнения среды: автореф. дис. доктор. биол. наук: 03.00.16 / М.Г. Нифонтова; Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН. – Пермь, 2003. – 30 с.
4. Nash III, T.H. Lichen biology / T.H. Nash III. – Cambridge University Press, 1999. – 486 p.
5. Кашпаров В.А., Зварич С.И., Процак В.П., Журба М.А. Кинетика растворения чернобыльских топливных частиц. Растворение топливных частиц в естественных условиях в почве // Радиохимия, т. 42, № 6, 2000. с. 542-549.

**ACCUMULATION OF RADIONUCLIDES OF CHERNOBYL FALLOUT
BY PLANTS OF TERRESTRIAL ECOSYSTEMS**

V.V. Goloveshkin, S.A. Kalinichenko

*State Nature Protective Scientific Research Establishment "Polesye State
Radiation-Ecological Reserve", Khoyniki, 247618, Republic of Belarus,
e-mail: goloveshkin.victor@yandex.ru*

Abstract

The objective of the present research was to study the aspects of radionuclides uptake in the plants at continuous observation points and to establish the factors affecting them. As a result of the conducted research it was established that the experimental fields soil contamination density amounts to: ^{137}Cs – 225 – 6242 kBq/m² (6,1 – 168,7 Ci/km²), ^{90}Sr – 54 – 3270 kBq/m² (1,5 – 88,4 Ci/km²), ^{241}Am – 0,9 – 135,4 kBq/m² (0,02 – 3,66 Ci/km²) respectively. Plants specific activity value is 147 – 125737 Bq/kg for ^{137}Cs , 2183 – 15075 Bq/kg for ^{90}Sr , 5,0 – 1022 Bq/kg for ^{241}Am . Radionuclides transition coefficient from soil into plant cover is to a large extent determined by the plants biological features and habitat conditions type. Largest amount of ^{137}Cs uptake from soil into plant is registered in *cladonia rangiferina* and bladder sedge (CF ^{137}Cs – 26,06 and 14,02). ^{90}Sr transition parameters rate was higher than ^{137}Cs , and made up 0,67 – 114,07, at almost all the fields, except for birch forest and the Yas hill slope. ^{241}Am transition coefficient rate varied within 0,04 in low bottomland up to 34,14 on the meteorological site of the station Masany.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕМПЫ МИГРАЦИИ РАДИОАКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОЧВАХ ЗОНЫ ОТЧУЖДЕНИЯ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС

**В.В. Головешкин, А.Н. Чудинов, С.А. Калиниченко, Р.А. Ненашев,
В.Л. Борисенко**

*Государственное природоохранное научно-исследовательское учреждение
«Полесский государственный радиационно-экологический заповедник»,
г. Хойники, 247618, Беларусь, e-mail: goloveshkin.victor@yandex.ru*

Радиоэкологическая ситуация в наземных экосистемах в значительной степени зависит от содержания, состояния и миграционной способности радионуклидов в почвенной среде. Увеличение в почве доли радионуклидов в мобильных и биологически доступных формах способствует их поступлению в почвенные растворы и повышает интенсивность миграционных процессов в почвенно-растительном комплексе. В этой связи особое значение приобретает вопрос изучения процессов вертикальной миграции радионуклидов по профилю почв. Такие исследования имеют огромную важность для прогнозирования уровней загрязнения грунтовых вод и поступления радионуклидов через почвенную влагу в растения. Отечественными и зарубежными учеными был получен обширный материал по интенсивности миграционных процессов, трансформации форм нахождения радионуклидов в почвах, по переходу их из почв в растения [1-6].

Целью наших исследований было изучить характер вертикального распределения радионуклидов (^{137}Cs , ^{90}Sr , и ^{241}Am) и параметры их миграции в почвах с различным режимом увлажнения основных фитоценозов зоны отчуждения Чернобыльской АЭС.

Объектами исследования являлись четыре типичных фитоценозов Полесского государственного радиационно-экологического заповедника, характеризующиеся различной степенью увлажнения и уровнем радиоактивного загрязнения. Фитоценоз 1 – березняк: расположен в закрытой ложбине, где в весенний период грунтовые воды поднимаются до глубины 15 см от поверхности почвы. Почва дерново-подзолистая с расположенным под подстилкой оторфованным гумусовым горизонтом (5-15 см). Фитоценоз 2 – дубрава: расположена на берегу искусственного затопления, образованного в результате перекрытия Погонянского канала. Грунтовые воды в дубраве поднимаются до глубины 40 см. Почва дерново-подзолистая глеевая. Фитоценоз 3 – залежь: представлена суходольным лугом. Почва дерново-подзолистая, супесчаная, слабоподзоленная, пахотная. Глубина залегания грунтовых вод около 150 см. Фитоценоз 4 – сосняк: почва дерново-подзолистая, песчаная. Глубина залегания грунтовых вод – 250 см.

По условиям увлажнения почва березняка – гидроморфная, дубравы – полугидроморфная, залежи и сосняка – автоморфная.

Отбор проб почвы проводился по почвенному разрезу послойно: верхний слой 0-10 см с интервалом 1 см, далее – с интервалом 5 см. Образцы подстилки отбирались по схеме 50x50 см. Образцы почвы отбирались на глубину 100 см.

В лабораторных условиях пробы подстилочного слоя и почвы высушивались при температуре 20-25 °С. По окончании пробоподготовки образцы помещались в сосуды «Маринелли» (объем 1 л), или "денты" (0,1 л) для последующего определения радионуклидов. Определение удельной активности ^{137}Cs и ^{90}Sr в пробах проводили инструментальным методом на γ - β -спектрометре "МКС-АТ1315" (Атомтех, Беларусь) с блоком детектирования для регистрации γ -излучения на основе сцинтилляционного кристалла NaI (ТТ) размерами $\varnothing 63 \times 63$ мм с погрешностью измерений не

более 20 %. Для регистрации β -излучения использовался органический сцинтиллятор на основе полистирола, активированного паратерфинилом, размерами $\varnothing 128 \times 9$ мм [7]. Измерения ^{241}Am проводили на γ -спектрометре "Canberra" (Canberra Industries, Inc., USA) с детектором из особо чистого германия с композитным углеродным окном с регистрацией γ -излучения в диапазоне энергий 20 – 2000 кэВ с погрешностью не более 25 % [8].

Для оценки параметров вертикальной миграции радионуклидов в почвах использовался расчетный показатель центра запаса радионуклида, который рассчитывался по следующей формуле:

$$\text{Центр запаса радионуклида (см)} = \frac{\sum (A_i \times L_i)}{\sum (A_i)}, \quad (1)$$

где A_i – плотность загрязнения i -го слоя почвы (кБк/м²);

L_i – глубина залегания i -го слоя почвы от поверхности (см).

Математическая и статистическая обработка результатов исследования осуществлялась на персональном компьютере с помощью пакетов прикладных программ.

Миграция радионуклидов в почвах, покрытых лесом, имеет свою специфику, которая обуславливается наличием лесной подстилки. Этот компонент является мощным буфером на пути миграции радионуклидов вглубь почвы. Исследования, которые проводятся в белорусском секторе Чернобыльской АЭС уже на протяжении 32-ух лет, свидетельствуют о хорошей способности подстилки аккумулировать и удерживать радионуклиды. Длительное удержание радионуклидов в лесной подстилке объясняется наличием нескольких, медленно разлагающихся, слоев. Процесс разложения каждого слоя подстилки имеет свою длительность, что обеспечивает длительную (5-10 лет) изоляцию радионуклидов от минеральной части почвы. В зависимости от режима увлажнения почвы, на которых формируются лесные экосистемы, формируется разная толщина подстилки. Исследования показали, что в настоящее время больше всего радионуклидов удерживается подстилкой соснового леса. Здесь сосредоточено до 16,1 % ^{137}Cs , 14,4 % – ^{90}Sr и до 12,4 % – ^{241}Am . Для лиственных лесов эти данные составляют 4,9 – 5,4 %, 4,5 – 7,3 %, 2,8 – 4,0 % соответственно. На залежи вся активность сосредоточена в верхнем гумусово-подзолистом горизонте. Такую закономерность можно объяснить тем, что в сосновых насаждениях формируется мощный слой подстилки (3,0 см), происходит медленная ее минерализация и очень небольшая часть радионуклидов мигрирует в верхние слои почвы. Лесная подстилка в лиственных насаждениях незначительна (0,5-2,0 см) благодаря достаточно быстрой ее минерализации, что способствует более интенсивной миграции радионуклидов в минеральную часть почвы. В фитоценозах с полным отсутствием лесной подстилки (залежи, луга и т.д.) происходит миграция в минеральные слои большего количества радионуклидов.

Обобщение результатов исследований вертикального распределения радионуклидов показало, что в верхнем 5-сантиметровом слое минеральной части почвы сосредоточена основная доля ^{137}Cs (45,6 – 67,8 %) и ^{241}Am (63,2 – 66,7 %), а в десятисантиметровом слое содержится от 69,1 до 84,3 % ^{90}Sr .

В полугидроморфных и гидроморфных почвах в слое 10-15 см содержится 3,1 – 5,6 % ^{137}Cs , 4,8 – 5,9 % ^{90}Sr , 2,6 – 3,3 % ^{241}Am . Для автоморфных почв эти данные составляют 1,5 – 4,2 %, 3,6 – 4,5 %, 4,0 – 4,3 % соответственно. В слой 15-20 см мигрировало в почвах с избыточным увлажнением до 2,8 % ^{137}Cs , 3,5 % ^{90}Sr , 3,1 % ^{241}Am . Для почв с автоморфным режимом увлажнения эти показатели имели значения 1,9 %, 3,1 и 3,0 % соответственно. В 20-25-сантиметровом слое полугидроморфных и гидроморфных почв фитоценозов сосредоточено 1,8 – 2,3 % ^{137}Cs , 2,3 – 2,8 % ^{90}Sr и 2,2 – 2,6 % ^{241}Am . Для автоморфных почв процентное содержание радионуклидов в данном почвенном слое было 0,4 – 1,7 %, 2,0 – 2,2 %, 1,8 – 2,2 % соответственно. В

слое 25-30 см находилось до 1,5 % ^{137}Cs , 2,6 % ^{90}Sr и 2,0 ^{241}Am .

Во всех фитоценозах в слой 30-100 см мигрировало не более 5,8 % ^{137}Cs и 11,6 %, ^{90}Sr . ^{241}Am в этих слоях почвы не обнаружен.

Результаты оценки центров запаса радионуклидов в почвах фитоценозов с различным режимом увлажнения представлены в таблице 1.

Таблица 1

Глубина проникновения 50 % запаса радионуклидов в почвах с различным режимом увлажнения

Тип почвы	Глубина слоя, см		
	^{137}Cs	^{90}Sr	^{241}Am
Гидроморфные	10,06	16,78	6,13
Полугидроморфные	6,73	8,26	5,75
Автоморфные	5,67 – 6,14	6,76 – 7,45	5,61 – 5,79

В автоморфных почвах (сосняк, залежь) максимум концентрации ^{137}Cs находился на глубине 5,67 – 6,14 см, а в полугидроморфных и гидроморфных почвах на глубине 6,73 см и 10,06 см соответственно.

Большой подвижностью обладает ^{90}Sr , что усиливается в условиях избыточного увлажнения почв. Глубина проникновения 50 % ^{90}Sr в почвах с избыточным увлажнением составляла 8,26 – 16,78 см, тогда как в автоморфных почвах 6,76 – 7,45 см. А вот положение центров запаса ^{241}Am мало зависело от условий увлажнения и находилось в пределах 5,61 – 6,13 см.

Максимальная плотность загрязнения радионуклидами минеральной части почв лесных фитоценозов наблюдается в верхнем 0-1 сантиметровом слое: 10,0 – 28,5 % ^{137}Cs , 8,5 – 25,9 % ^{90}Sr и 15,8 – 30,5 % ^{241}Am . В почве залежи наибольшая плотность загрязнения находится в слое 1-2 см: 18,2 % ^{137}Cs , 16,7 % ^{241}Am и 16,5 % ^{90}Sr .

В таблице 2 представлены данные по скорости вертикальной миграции ^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{241}Am по профилю почв типичных фитоценозов заповедника.

Таблица 2

Скорость вертикальной миграции ^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{241}Am по профилю почв

Тип почвы	Скорость миграции, см/год		
	^{137}Cs	^{90}Sr	^{241}Am
Гидроморфные	0,69	0,94	0,51
Полугидроморфные	0,55	0,71	0,43
Автоморфные	0,38 – 0,47	0,55 – 0,60	0,36 – 0,38

Скорость миграции центров запаса ^{137}Cs составляла для автоморфных почв 0,38 – 0,47 см/год, для полугидроморфных – 0,55 см/год и гидроморфных почв 0,69 см/год. Нами установлено, что скорость вертикальной миграции ^{90}Sr в 1,3 – 1,5 раз выше скорости миграции ^{137}Cs и имеет значение 0,55 – 0,60 см/год, 0,71 и 0,94 см/год соответственно. Скорость миграции центров запаса ^{241}Am находилась на уровне 0,36 – 0,38 см/год, 0,43 и 0,51 см/год соответственно.

Для изучения влияния режима увлажнения на скорость вертикального распределения радионуклидов в почвах мы использовали расчетный показатель – коэффициент увлажнения. Коэффициент увлажнения – соотношение между количеством выпадающих атмосферных осадков за год или другое время и испаряемостью определенной территории. Методом корреляционного анализа данных, доказано, что величина скорости вертикальной миграции радионуклидов в

почвах зависит от значения коэффициента увлажнения: расчетный коэффициент линейной корреляции Пирсона составлял 0,69 для ^{137}Cs и 0,54 для ^{90}Sr при уровне значимости менее 0,05 и критическом значении корреляции Пирсона 0,42 для ^{137}Cs и ^{90}Sr . Степень корреляционной связи для ^{137}Cs и ^{90}Sr средняя ($r > 0,50 - 0,69$). Для ^{241}Am коэффициент линейной корреляции Пирсона составлял 0,81 при уровне значимости менее 0,05 и критическом значении корреляции Пирсона 0,71.

В результате проведенных исследований была установлена слабо выраженная подвижность как ^{137}Cs , ^{90}Sr , так и ^{241}Am в почвах с автоморфным режимом увлажнения и несколько более интенсивная миграция на участках с повышенной степенью увлажнения в полугидроморфных и гидроморфных почвах. Отмечено, что подстилка хвойного леса имеет более длительные сроки биологического разрушения, чем листового, соответственно связывает большее количество радионуклида на более длительный срок. В фитоценозах с полным отсутствием лесной подстилки (залежи, луга и т.д.) происходит миграция в минеральные слои большего количества радионуклидов.

Полученные результаты указывают на возможность загрязнения грунтовых вод ^{90}Sr в почвах с высокой плотностью первоначального загрязнения и близким залеганием водоносных горизонтов.

Список литературы:

1. Бобовникова Ц.И. Химические формы нахождения долгоживущих радионуклидов и их трансформация в почвах зоны аварии на ЧАЭС / Ц.И. Бобовникова [и др.] // Почвоведение. – 1990. – № 10. – С. 20–25.
2. Атлас радиоактивного загрязнения Европейской части России, Белоруссии и Украины / Под ред. Израэля Ю.А. – Москва: ИГКЭ Росгидромета и РАН, Роскартография, 1998. – 143 с.
3. Прохоров В.М. Миграция радиоактивных загрязнений в почвах. Физико-химические механизмы и моделирование / В.М. Прохоров – М.: Энергоатомиздат, 1981. – 98 с.
4. Тюрюканова Э.Б. Экология стронция-90 в почвах / Э.Б. Тюрюканова. – М.: Атомиздат, 1976. – 210 с.
5. Шагалова Э.Д. Миграция ^{90}Sr и ^{137}Cs в автоморфных дерново-подзолистых почвах Белоруссии / Э.Д.Шагалова // Почвоведение. – 1990. – № 10. – С. 114–120.
6. Salbu B. Speciation of radionuclides -analytical challenges within environmental impact and risk assessments / B. Salbu // Journal of Environmental Radioactivity. – 2007. – № 96 (1-3). – P. 47–53.
7. МВИ.МН 1181-2011. Методика измерений объемной и удельной активности ^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{40}K на гамма-бета-спектрометре типа МКС-АТ1315, объемной и удельной активности гамма-излучающих радионуклидов ^{137}Cs , ^{40}K на гамма-спектрометре типа EL 1309 (МКГ-1309) в пищевых продуктах, питьевой воде, почве, сельскохозяйственном сырье и кормах, продукции лесного хозяйства, других объектах окружающей среды – Минск: «Атомтех», 2011. – 31 с.
8. МВИ.МН 3151-2009. Методика выполнения измерений удельной активности гамма-излучающих радионуклидов ^{137}Cs и ^{241}Am в почве, донных отложениях и других объектах окружающей среды на гамма-спектрометрах с полупроводниковыми детекторами с бериллиевым или композитным окном. – Хойники: «Полесский государственный радиационно-экологический заповедник», 2009. –14 с.

**CURRENT MIGRATION RATES OF RADIOACTIVE ELEMENTS IN THE
SOILS OF THE EXCLUSION ZONE OF CHERNOBYL NPP**

**V.V. Goloveshkin, A.N. Chudinov, S.A. Kalinichenko, R.A. Nenashev,
V.L. Borisenko,**

State Nature Protective Scientific Research Establishment

*“Polesye State Radiation-Ecological Reserve”, Khoyniki, 247618, Republic of Belarus,
e-mail: goloveshkin.victor@yandex.ru*

Abstract

The objective of our research was to study the peculiarities of vertical redistribution and the migration rate of the radionuclides in the soils with diverse moistening regime of the basic phytocenoses in the Chernobyl NPP accident near zone. The analysis of the radionuclides vertical profile distribution in different soil types of basic phytocenoses showed that in forest phytocenoses ^{137}Cs migration process is more rapid in soils, formed under the conditions of semi hydromorphic and hydromorphic moistening regime. Radionuclides content in the forest floor of these soils (4,9 – 5,4 %) is lower than that in 5-10cm soil layer (24,5 – 31,6 %), in contrast to ^{137}Cs distribution in automorphic soils – 16,1 % and 15,2 % respectively. The upper 5cm mineral part of soil layer concentrates major doses of ^{137}Cs (45,6 – 67,8 %) and ^{241}Am (63,2 – 66,7%), and 10cm layer contains 69,1 to 84,3% of ^{90}Sr . Migration of ^{137}Cs and ^{90}Sr into 30-100cm soil layer is 5,8% and 11,6% respectively. ^{241}Am is not detected in these layers. Radionuclide storage center located at the level of 5,67 – 10,06cm ^{137}Cs , at 6,76 – 16,78 cm – ^{90}Sr and 5,61 – 6,13cm ^{241}Am . Vertical migration speed for the studied radionuclides was 0,38 – 0,69 cm/year for ^{137}Cs ; 0,55 – 0,94 cm/year for ^{90}Sr and 0,36 – 0,51 cm/year for ^{241}Am . Data correlation analysis technique proved that radionuclide vertical migration speed rate in soils depends on the moistening coefficient value: Pearson linear correlation design ratio came to 0,69 for ^{137}Cs and 0,54 for ^{90}Sr at significance level of less than 0,05 and Pearson correlation critical value of 0,42 for ^{137}Cs and ^{90}Sr . The degree of correlation for ^{137}Cs and ^{90}Sr is medium ($r > 0,50 - 0,69$). For ^{241}Am Pearson linear correlation ration came to 0,81 with a significance level of less than 0,05 and Pearson correlation critical value of 0,71. The results obtained point to potential ground water contamination by ^{90}Sr in the soils of high primary contamination density and close water-bearing horizons deposition.

**ВЛИЯНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА НА УСПЕШНОСТЬ
ГНЕЗДОВАНИЯ ЛЕБЕДЕЙ В ЧЕЛЯБИНСКОЙ ОБЛАСТИ
И БАШКОРТОСТАНЕ**

**С.С. Голубева¹, А.А. Капакли², П.А. Новосёлова¹, Е.В. Попов³,
И.М. Чухарев³, И.П. Чухарева³**

¹Школа-интернат № 15 ОАО РЖД, г. Челябинск, 454078, Россия

²МАОУ «Гимназия № 76 г. Челябинска», г. Челябинск, 454078, Россия

³РОО «Челябинское орнитологическое общество» по Челябинской области

В ходе проведения работ в марте 2018г. – феврале 2019 года было насчитано 539 лебедей-шипунув и 10 лебедей – кликунов в Челябинской области, а также 8 лебедей-шипунув и 6 лебедей-кликунов в республике Башкортостан. Количество птенцов, выживших до летного возраста и покинувших территорию в период отлета, равно 59,69 %. В 2018 году 3,7% летных птенцов лебедей-шипунув подверглись отлову или отстрелу браконьерами. В рамках акции «Лебёдушка-2018» удалось спасти 6 лебедей (5 лебедей-шипунув и 1 лебедя-кликуна), а окольцевать и выпустить в природную среду 2 лебедей – шипунув после успешного проведения курса лечения и реабилитации.

Лебеди – это наиболее крупные представители гусеобразных, которые широко распространены, но в то же время крайне малочисленны на территории Челябинской области и в республике Башкортостан. Хотя в первых сведениях о них, известных с XVIII века, лебеди считались обычными гнездящимися видами [1]. В настоящее время лебеди продолжают оставаться представителями редких видов или восстанавливающихся видов птиц, занесенных в Красную книгу Челябинской области и Башкортостана [2,3,5-8]. В ходе проведения двухлетних исследовательских работ было отмечено неоднородные настроения людей по отношению к гнездящимся лебедям вблизи мест поселения человека. В некоторых случаях в ответ на угрозы расправы с этой прекрасной птицей для жителей нашей области проводились разъяснительные беседы орнитологами Челябинского орнитологического общества и сотрудниками Министерства экологии Челябинской области в присутствии сотрудников МВД. Кроме того, были подготовлены информационные листы о необходимости соблюдения правил поведения людей вблизи лебедей с напоминанием об охранном статусе этих птиц. Во время учетов и проведения подкормки, отловов травмированных птиц приходилось сталкиваться с деятельностью браконьеров: со случаями отстрела, а также отлова лебедей для последующего незаконного содержания здоровых птиц в неволе. В связи с выше перечисленными событиями и недостатком изученности лебедей, занесенных в Красную книгу Челябинской области, актуально проведение ежегодного мониторинга особенностей распространения и оценки успешности гнездования этих птиц для последующего определения их природоохранного статуса и принятия необходимых природоохранных мер, направленных против браконьерства, на сохранение необходимых условий существования лебедей и их видовой разнообразия.

В рамках акции Челябинского орнитологического общества «Лебёдушка-2018» при поддержке Министерства экологии Челябинской области нами были проведены исследования по изучению гнездовой жизни лебедей на территории Челябинской области и республики Башкортостан, а также спасательные операции по отлову, транспортировке травмированных лебедей и защите здоровых лебедей на протяжении всего их времени пребывания на исследуемой территории вплоть до период от-

лета 14 декабря 2018 года, а также наблюдения за условиями жизни во время зимовки лебедей в 2019 г. Исследования проводились в марте 2018 г. - феврале 2019 г. в 13 административных районах на территории Челябинской области и 3 административных районах республики Башкортостан. Районы характеризуются континентальным климатом, прохладным летом, холодной зимой и повышенным количеством атмосферных осадков. Зима продолжается с ноября по март [4]. В ходе социологического опроса населения, в котором приняли участие 89 человек, было обработано 70 анкет, было закартировано 45 мест обитания и гнездования лебедей в Челябинской области и 3 - в республике Башкортостан. Данные социологического опроса населения в весенне-летний период были проверены и подтверждены. В районе исследований отмечались особенности биологии и экологии гнездования лебединых птиц: количество холостых особей и гнездящихся пар, картируя их местонахождение, количество и биологические характеристики гнезд, количество яиц в гнезде, количество летных птенцов у каждого исследуемого вида.

Первые лебеди были зарегистрированы в окрестностях г.Кыштыма, г.Троицка, г.Челябинска и в Аргаяшском районе в конце марта. Вернувшиеся с миграции птицы образовывали моновидовые и смешанные группы, насчитывающие от 10 до 210 особей. В ходе проведенной работы в марте 2018г.-феврале 2019 года было насчитано 539 лебедей-шипун (408 холостых особей, 27 гнездящихся пар и 77 летных птенцов) и 10 лебедей – кликунов в Челябинской области, а также 8 лебедей-шипун и 6 лебедей-кликунов в республике Башкортостан. При сопоставлении полученных данных с литературными источниками было выявлены новые места обитания лебедя – шипуна и лебедя – кликуна. В Аргаяшском, Варненском, Еманжелинском, Еткульском, Красноармейском, Сосновском, Троицком, Увельском и Чебаркульском районах были зарегистрированы 27 гнездящихся пар лебедей – шипун и 1 пара лебедей-кликунов. В Башкортостане в Дуванском и Учалинском районах также были отмечены соответственно 1 гнездящаяся пара лебедей-кликунов и 1 гнездящаяся пара лебедей-шипун. Положение гнезд устанавливалось с помощью навигатора Garmin 72 и отмечалось на карте. Гнездо представляло собой кучу из тростника и рогоза, расположенную на сплаvine или на заломках надводной растительности. Рядом с гнездом лебедя – шипуна в Аргаяшском районе были закартированы гнездо кряквы и гнездо чомги. Осенью недалеко от этого гнезда плавали лебеди и кряквы со своими летными птенцами, чомги. При этом разные виды птиц не проявляли агрессии по отношению друг к другу. В гнезде лебедя – шипуна кладка состояла, как правило, из 5 или 6 яиц (табл.1,2).

Таблица 1

Количество особей и гнезд лебединых птиц на территории Челябинской области

Административный район, где были отмечены места обитания лебедей	Количество холостых птиц	Количество гнездящихся пар	Количество яиц в кладке	Количество летных птенцов
Аргаяшский	8 кликунов + 210 шипун	2	5 5	2 2
Варненский	21 шипун	3	5 5 6	3 3 3
Еманжелинский	15 шипун	3	6 6 5	3 3 3
Еткульский	2 шипуна	1	5	3

Административный район, где были отмечены места обитания лебедей	Количество холостых птиц	Количество гнездящихся пар	Количество яиц в кладке	Количество летных птенцов
Каслинский	18 шипунов	0	0	0
Карабашский	1 шипун	0	0	0
Карталинский	1 шипун	0	0	0
Красноармейский	1 кликун + 6 шипунов	2	6 5	3 2
Кунашакский	1 шипун	0	0	0
Сосновский	-	6	6 5 6 6 5 5	6 3 6 6 2 0
Троицкий	-	1	6	6
Увельский	-	1	5	4
Чебаркульский	92 шипуна	5	5 5 0 6 5	3 3 0 4 3
окрестности г. Еткуля	1 шипун	0	0	0
окрестности г. Копейска	1 шипун	0	0	0
окрестности г. Кыштыма	4 шипуна	0	0	0
окрестности г. Магнитогорска	1 шипун	0	0	0
окрестности г. Миасса	11 шипунов	1	5	1
окрестности г. Троицка	2 шипуна	1	0	0
окрестности г. Челябинска	1 кликун + 21 шипун	1	0	0
Итого	10 кликунов + 408 шипунов	27	-	77

Среди 27 обследованных гнезд лебедей-шипунув только в 4 гнездах (14,81% гнездящихся пар) отмечено успешное гнездование на 100%, а в 23 – 40-60 %. Количество птенцов, выживших до летного возраста и покинувших территорию в период отлета, равно 59,69 %. В 2018 году обнаруженные 6 травмированных лебедей (3 взрослых лебедя-шипунуна, 2 летных птенца лебедя-шипунуна и 1 птенец лебедя-кликунуна) были отловлены и транспортированы сотрудниками РОО «Челябинское орнитологическое общество» с места обнаружения в присутствии инспекторов Министерства экологии Челябинской области и Министерства природопользования и экологии республики Башкортостан на ветеринарный осмотр и последующее лечение в приют диких животных и птиц «Спаси меня». Кроме того, среди потомства 27 гнездящихся пар лебедей-шипунув только у 2 гнездящихся пар были обнаружены 1 ослабленный летный птенец, который не смог подняться на крыло и улететь, и 1

травмированный летный птенец со следами застарелых ранений и овальным отверстием в кости, полученным в результате огнестрельного ранения (в январе этот птенец был успешно прооперирован). Один летный птенец лебедя-кликун получил перелом крыла в результате неправильного содержания браконьерами в искусственных условиях в республике Башкортостан. Следовательно, 3,7% летных птенцов лебедей-шипун в 2018 году подверглись отлову или отстрелу браконьерами. В рамках акции «Лебедушка-2018» нам удалось окольцевать и выпустить в природную среду 2 лебедей – шипунов после проведения курса лечения и реабилитации, отловленных и транспортированных нами в приют диких животных в 2017 году.

Таблица 2

Количество особей и гнезд лебединых птиц на территории республики Башкортостан

Административный район, где были отмечены места обитания лебедей	Количество холостых птиц	Количество гнездящихся пар	Количество яиц в кладке	Количество летных птенцов
Дуванский	0	1 пара кликунов	5	4
Иглинский	1 шипун	0	0	0
Учалинский	2 шипуна	1 пара шипунов	5	3
Итого	3 шипуна	1 пара кликунов + 1 пара шипунов		

Поэтому по итогам проведенных исследований были разработаны меры поведения людей в местах обитания и гнездования лебедей:

1. Нельзя проникать к месту расположения гнезда у лебедей для создания фото- и видеоматериалов, т.к. появление человека у гнезда является фактором беспокойства для птиц (особенно в предгнездовой период)! При вспугивании здоровых птиц лебеди могут навсегда покинуть территорию.

2. Нельзя прикармливать птиц! Искусственное прикармливание стимулирует птиц оставаться на данном участке круглый год и нарушает естественные процессы подготовки к отлету. Это приводит к тому, что птицы остаются на зимовку на полностью покрытом льдом водоеме, испытывая истощение от голода, и могут погибнуть.

3. Нельзя самостоятельно производить отлов птиц! Отлов должны производить специалисты только в случае угрозы жизни птицы и только после уведомления органов федерального государственного надзора и получения соответствующих разрешительных документов. Специалисты прежде, чем производить отлов лебедя, должны провести наблюдения за поведением и внешним видом, состоянием здоровья птицы, чтобы определить наличие травмирования птицы, возможности ее отлова без вспугивания окружающих ее здоровых лебедей.

4. Ветеринарный осмотр и лечение лебедей должны осуществлять только ветеринары в специализированных учреждениях с обязательным сопровождением необходимыми документами, подтверждающими проводимые медицинские процедуры.

5. Искусственное содержание лебедей необходимо проводить в специализированных учреждениях при наличии бассейнов и помещений, приспособленных для укрытия птиц от непогоды и их зимовки, только в случаях крайней необходимости, когда птица не может самостоятельно вести активный привычный для нее образ жизни.

Список литературы:

1. Алексеев В.Н., Гашек В.А., Тарасов В.В., Торгашов О.А., Чичков Б.М., Чичкова А.С. Красная книга Республики Башкортостан: в 2 т. Т. 2: Животные. — Уфа: Информреклама, 2014. — 244 с.
2. Гордиенко Н.С. 2001. Водоплавающие птицы Южного Зауралья. – Миасс: Ильменский госзаповедник УрО РАН, 2001. – 100 с.
3. Гордиенко Н.С., Рябицев В.К. Красная книга Челябинской области: животные, растения, грибы / Министерство по радиационной и экологической безопасности Челябинской области, Ильменский государственный заповедник имени В.И.Ленина Уральского Отделения РАН, 2008 // http://igz.ilmenu.ac.ru/RED_BOOK/jiv_index.html.
4. Дерягин, В. В. Памятники природы Челябинской области. – Челябинск, 1987.
5. Захаров, В.Д. Птицы Челябинской области. – Свердловск, 1989. – 71с.
6. Захаров В.Д. Некоторые результаты полевых работ в Челябинской области и Башкортостане в 2016 году/ Фауна Урала и Сибири. – Екатеринбург: Институт экологии растений и животных УрО РАН, 2016. – с.83-85;
7. Рябицев, В.К. Птицы Урала, Приуралья и Западной Сибири. Справочник-определитель. Екатеринбург, Издательство Уральского университета, 2001.– С. 11-12, 67-68.
8. Чухарева И.П. Изучение особенностей гнездования лебедей на территории Челябинской области// Актуальные проблемы охраны птиц. Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 25-летию Союза охраны птиц России (Москва, 10-11 февраля 2018 г.) / Отв. ред. А.В. Салтыков – Москва – Махачкала, 2018. - С. 240-244.

**THE IMPACT OF HUMAN ACTIVITIES ON THE NESTING
SUCCESS OF SWANS IN THE CHELYABINSK REGION
AND BASHKORTOSTAN REPUBLIC**

**S.S. Golubeva¹, A.A. Kapakly², P.A. Novoselova¹, E.V. Popov³,
I.M. Chukharev³, I.P. Chukhareva³**

¹*The boarding school № 15 of the public corporation "Russian Railways",
Chelyabinsk, 454078, Russia*

²*MAEI "The grammar school № 76", Chelyabinsk, 454078, Russia*

³*RPO "Chelyabinsk ornithological society" in the Chelyabinsk region*

Abstract

In the course of work in march 2018 – february 2019, there were found 539 mute swans and 10 whooper swans in the Chelyabinsk region and 8 mute swans and 6 whooper swans in the Republic of Bashkortostan. The number of the flight juveniles birds, which leaving the territory during the period of departure, is 59.69 %. In 2018, 3.7% of the flight chicks of mute swans were caught or shot by poachers. Within the framework of the action "Lebedushka-2018" it was possible to save 6 swans (5 mute swans and 1 whooper swan), and 2 mute swans were tagged and released into the natural environment after a successful course of treatment and rehabilitation before they migrate.

УДК 331.43

СИСТЕМА И АНАЛИЗ ГОТОВНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ К ДЕЙСТВИЯМ ПО ЛОКАЛИЗАЦИИ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ И ЛИКВИДАЦИИ ИХ ПОСЛЕДСТВИЙ

А.Г. Горбунова¹, А.Э. Усынина²

*Государственное автономное образовательное учреждение
Астраханской области высшего образования «Астраханский государственный
архитектурно-строительный университет», г. Астрахань, 414056, Россия,
e-mail: ¹gorbunova_anna_2014@mail.ru; ²usynina1987@gmail.com*

В целях обеспечения готовности к действиям по локализации и ликвидации последствий аварий поднадзорными организациями, эксплуатирующими объекты нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности, объекты нефтепродуктообеспечения, разрабатываются планы мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий, по которым согласно утвержденным графиками проводятся учебные тревоги.

На предприятиях создаются собственные аварийные формирования из числа обученных и аттестованных работников организаций, создаются системы наблюдения, оповещения, связи в случае аварии.

Указанные системы поддерживаются в исправном состоянии.

Поднадзорные организации заключают договоры на обслуживание с профессиональными аварийно-спасательными формированиями и имеют резервы финансовых средств и материальных ресурсов для локализации и ликвидации последствий аварий.

На Астраханском газоперерабатывающем заводе (далее - АГПЗ) с целью отработки навыков персонала при локализации и ликвидации аварии на опасном производственном объекте (далее - ОПО) на базе Учебно-производственного центра проводятся тренировки на специальных стендах-тренажерах. При этом на данных тренажерах смоделирована система регулирования и система противоаварийной защиты технологических установок в соответствии с проектными данными:

- «Площадка производства №1» - технологические установки У172 (У272), У171 (У271), У160 (У260);

- «Площадка производства №5» - технологические установки У174 (У274).

С целью обеспеченности готовности персонала и аварийно-спасательных служб к действиям при возникновении аварий на ОПО АГПЗ в 2016 году, согласно утвержденному графику, запланировано проведение 49 учебных тревог, проведено 50 (одна тренировка внеплановая, при проведении проверки Ростехнадзора (далее - РТН) на У 1.732 (табл.1).

Учебные тревоги проводились по наиболее опасным темам аварий «Планов локализации и ликвидации аварий» (далее - ПЛА).

В ходе тренировок проводилась оценка: действий оперативного персонала АГПЗ, участвующего в ликвидации и локализации аварий, взаимодействия работников АГПЗ с аварийно-спасательными службами (военизированной частью, отрядом вневедомственной пожарной охраны), практического применения СИЗОД и способов оказания доврачебной помощи. Результаты учебных тревог (далее - УТ) отражались в Актах по итогам проведенных УТ.

Также в 2016 году в соответствии с разработанным графиком по каждому сценарию развития аварий, согласно ПЛА со всеми бригадами ОПО АГПЗ запланировано и проведено 3143 учебно-тренировочных занятий (табл.2).

Таблица 1

Объем запланированных учебных тревог на ОПО АГПЗ

№ п/п	ОПО АГПЗ	Количество, шт	
		запланировано	проведено
1	«Площадка производства №1»	12	12
2	«Площадка производства №2»	8	8
3	«Площадка производства №3»	10	11
4	«Площадка производства №5»	9	9
5	«Площадка производства №6»	5	5
6	«Участок цеха МТСиКО»	1	1
7	«Площадка АКС-2, КВК-2»	1	1
8	«Площадка АКС-1, КВК-1»	1	1
9	«Участок трубопроводов теплосети»	2	2

Таблица 2

Объем запланированных и учебно-тренировочных занятий на заводе

№ п/п	ОПО АГПЗ	Количество	
		запланировано	проведено
1	«Площадка производства №1»	1100	1100
2	«Площадка производства №2»	580	580
3	«Площадка производства №3»	430	430
4	«Площадка производства №5»	540	540
5	«Площадка производства №6»	285	285
6	«Участок цеха МТСиКО»	44	44
7	«Площадка АКС-2, КВК-2»	52	52
8	«Площадка АКС-1, КВК-1»	52	52
9	«Участок трубопроводов теплосети»	60	60

На 2017 год было запланировано проведение 52-х учебных тревог и 3486 тренировочных занятий.

На ОПО АГПЗ разработано 32 Плана локализации и ликвидации аварий (далее – ПЛА), утвержденные 23.10.2015 г. В соответствии с требованиями федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности нефтегазодобывающих производств», утвержденных приказом Ростехнадзора от 29.03.2016 № 125 и в соответствии с «Положением о разработке планов мероприятий по локализации и ликвидации аварий на опасных производственных объектах», утвержденным постановлением Правительства РФ от 26.08.2013 №730 взамен ПЛА на ОПО АГПЗ разработаны и утверждены 28.11.2016 Планы мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий».

ПЛА представлены в табличном виде, где описаны следующие аспекты:

- наиболее опасные и вероятные аварийные ситуации, которые могут возникнуть на ОПО АГПЗ и описанные в Планах локализации и ликвидации аварий на ОПО;
- опознавательные признаки аварий;
- оптимальные способы противоаварийной защиты (при их наличии);
- технические средства (системы) противоаварийной защиты;
- ФИО ответственного руководителя по локализации и ликвидации аварии, образование, стаж работы в занимаемой должности и дата последней аттестации;
- основные действия сменного персонала АГПЗ о локализации и ликвидации последствий аварий.

Хотелось бы отметить, что выполнение комплекса мероприятий, направленных на соблюдение требований промышленной безопасности, предупреждение возникновения аварий и инцидентов, обеспечение готовности подразделений их последствий обеспечивается на АППЗ на основании Федерального закона №116 от 21 июля 1997 года «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».

Список литературы:

1. Федеральный закон "О промышленной безопасности опасных производственных объектов" от 21.07.1997 N 116-ФЗ
2. Федеральный закон "О гражданской обороне" от 12.02.1998 N 28-ФЗ
3. Временный технологический регламент комбинированной установки гидроочистки топлив № 3114-203-ТР ООО «Газпром добыча Астрахань».

**THE SYSTEM AND ANALYZING THE ORGANIZATION'S READINESS
TO ACTIONS ON LOCALIZATION OF EMERGENCY SITUATIONS
AND ELIMINATION OF THEIR CONSEQUENCES**

A.G. Gorbunova¹, A.E. Usynina²

*State Autonomous educational institution of Astrakhan region of higher education
«Astrakhan state University of architecture and construction», Astrakhan, 414056, Russia,
e-mail: ¹gorbunova_anna_2014@mail.ru; ²usynina1987@gmail.com*

Abstract

Ensuring the readiness of personnel operating a hazardous production facility is based on the development of action plans for the localization and elimination of the consequences of accidents, as well as schedules and operational training alarms.

УДК 504.064.3

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ БИОТЕСТИРОВАНИЯ ТОКСИЧНОСТИ ВОДНЫХ СРЕД И УСТАНОВЛЕНИЯ КЛАССА ОПАСНОСТИ ОТХОДОВ: РАЗРАБОТКА, СЕРТИФИКАЦИЯ, ВНЕДРЕНИЕ

Ю.С. Григорьев, Т.Л. Шашкова, Е.С. Стравинскене
*Сибирский федеральный университет, Красноярск, 660041, Россия,
e-mail: gr2897@gmail.com*

Методы биологического контроля (биоиндикация и биотестирования) при их использовании в мониторинге окружающей среды наряду с химическим анализом позволяют получать более полную характеристику качества среды за счёт выявления действия на тест-организм сразу всех вредных веществ. Вместе с тем при организации такой системы экологического мониторинга остро ощущается недостаток оперативных и простых в исполнении методов биотестирования водных объектов. При этом многие из используемых в настоящее время в России методик биотестирования не обеспечены комплексом аппаратуры, позволяющим создать стандартные условия работы с тест-организмами и автоматизировать процесс измерения.

В связи с этим в Сибирском федеральном университете (СФУ) в последние годы разработаны новые оперативные методы и аппаратура для биотестирования, которые показали свою высокую эффективность при оценке токсичности природных и сточных вод, а также отходов. В качестве тест-организмов в этих методах используются культуры водоросли хлорелла и рачки дафний.

Применение в биотестировании высокопродуктивного и термофильного штамма водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris* Beijer) позволило существенно сократить продолжительность анализа и при этом отказаться от трудоёмкой процедуры поддержания стерильности водорослевой культуры. Для наращивания тест-культуры водоросли создан компактный культиватор КВ-05, в котором численность клеток при автоматически поддерживаемой температуре 36°C увеличивается за сутки в 100–150 раз.

Токсический эффект на водоросль определяется по разнице прироста числа клеток в тестируемых пробах воды по сравнению с чистой контрольной водой. Поскольку рост водоросли, обусловленный процессом фотосинтеза, зависит от интенсивности света, температуры и содержания углекислого газа в среде, то эти внешние факторы должны быть одинаковыми и оптимальными для роста как контрольных, так и всех опытных проб. Эту непростую проблему нам удалось решить в результате создания оригинального многоцветного культиватора водорослей КВМ-05 [1]. В нём 24 пробы с тест-культурами водоросли размещаются во вращающейся кассете, установленной наклонно. Культиватор оборудован источником света и системой стабилизации заданной температуры (36°C). Благодаря вращению емкостей с пробой для них обеспечиваются равные температурные и световые условия, а также одинаковая скорость поступления CO₂ из окружающего воздуха. Для оперативного определения прироста разработан измеритель оптической плотности суспензий ИПС-03, в котором оптическая плотность взвеси водоросли, как показатель её численности, измеряется после завершения процесса биотестирования непосредственно во флаконах («пенициллинках») с тест-культурами.

Нам удалось также значительно упростить процедуру приготовления питательной среды благодаря тому, что выращивание культуры водоросли производится на концентрированной среде Тамия (50%), а само биотестирование на той же среде, разбавленной до 2%. Последнее достигается тем, что инокулят, в виде водорослевой культуры на 50% среде Тамия, доведенный до определенной плотности, вносится в

тестируемую воду в соотношении 1:24. Таким способом проводится засев тестируемых проб до требуемого уровня и одновременное внесение в них всех компонентов питательной среды. Проведенные эксперименты показали, что такое разбавление используемой среды практически не сказывается на скорости роста культуры водоросли хлорелла, но при этом многократно увеличивает ее чувствительность к токсикантам. Данный эффект обусловлен снижением возможности комплексообразования потенциально токсичных веществ с компонентами питательной среды и тем самым повышением их биодоступности для тест-организма. Высокая чувствительность водоросли хлорелла к токсикантам достигнута также благодаря малой плотности засева тест-культуры. Это условие при проведении токсикологического эксперимента имеет важное значение, поскольку его результат будет зависеть не столько от концентрации поллютантов в среде, сколько от соотношения численности или массы тест-организмов к количеству токсикантов в тестируемом объеме воды. Благодаря созданным условиям для быстрого роста тест-культуры водоросли, ее малая начальная плотность не сказалась на длительности проведения самого биотеста.

На базе данного штамма водоросли хлорелла и созданного комплекта оборудования разработана и аттестована для целей государственного экологического контроля методика биотестирования по изменению оптической плотности культуры водоросли хлорелла с длительностью анализа токсичности вод и отходов 22 ч. [2]

В качестве рачкового тест-объекта, обязательного для биотестирования вод и отходов, были взяты дафнии (*Daphnia magna* Straus). Основные трудности работы с этим широко используемым организмом связаны с необходимостью поддержания требуемых внешних условий при культивировании рачков [3]. Кроме того, жесткие требования предъявляются к содержанию кислорода в тестируемой воде, так как его недостаток в пробе, например в результате деятельности сопутствующей микрофлоры, может вызвать гибель внесённых дафний. Для выполнения этих условий при биотестировании на рачках дафний нами разработаны климатостаты Р2 и В3, которые поддерживают необходимую температуру и световой режим при выращивании маточной и синхронной культур рачков.

Сам процесс биотестирования выполняется в устройствах экспонирования рачков (УЭР-03) [4]. В них пробы с водой и тест-организмами (до 18 шт.) размещаются в подвижной кассете. Умеренное вращение кассеты (6-8 оборотов/мин), не травмирующее самих рачков, обеспечивает активный газообмен с внешней средой и насыщение пробы тестируемой воды кислородом. Несколько таких устройств устанавливаются в климатостат. Благодаря созданным условиям и прежде всего хорошей аэрации проб удалось повысить чувствительность дафний к токсикантам, что позволило сократить продолжительность биотестирования до 48 ч. Кормление дафний производится клетками водоросли хлорелла, культуру которой в достаточных количествах обеспечивает культиватор КВ-05. На этой основе была разработана и аттестована более оперативная методика биотестирования различных вод и отходов на рачках дафний [5].

И наконец, в целях экспрессного выявления токсичности природных и сточных вод, а также отходов нами был использован метод регистрации относительного показателя интенсивности замедленной флуоресценции (ОПЗФ) водоросли хлорелла [6]. Данный показатель не зависит от количества тест-организма и мутности тестируемой воды и может быть измерен в течение нескольких секунд. Для реализации метода был создан флуориметр Фотон 10, который в автоматическом режиме может одновременно анализировать на токсичность до 24 образцов, выводя полученную информацию на управляющий компьютер. Чтобы обеспечить вхождение токсикантов в тест-организм тестируемые пробы с культурой водоросли хлорелла в течение одного часа экспонируются в многоцветном культиваторе КВМ-05. На основе использованного метода и аппаратуры разработана методика биотестирования токсич-

ности вод и отходов по изменению ОПЗФ водоросли хлорелла [7]. С учётом подготовки проб длительность анализа не превышает 1,5 часа.

Несмотря на достаточно высокие показатели разработанных технологий биотестирования все старания коллектива внедрить данные разработки в практику не дали сколь-либо ощутимых результатов. Оказалось, что для этого надо «всего-навсего» разработать методики выполнения работ и аттестовать их для целей государственного экологического контроля, сертифицировать оборудования для реализации этих методик, провести маркетинговые исследования для установления рынка сбыта и организовать производство продукции. После такого «прозрения» и поняв, что самим нам с этим объемом совершенно новой для нас деятельностью не справиться, стали искать партнеров. Надо сказать, что проблема внедрения, с которой мы столкнулись, конечно, не нова и многие научные проекты так и остались на бумаге, не воплотившись в жизнь из-за отсутствия опыта научных работников в коммерциализации своих разработок.

Первым оказалась компания ЗАО «Спецкомплектресурс 2001» (г.Москва), которая заинтересовавшись нашими разработками, предложила себя в качестве их дилера. После обсуждения условий этой деятельности в университете, в 2005 году был заключен лицензионный договор на использование двух наших изобретений. По договору компания обязалась вести маркетинг и обеспечить продажу значительного объема продукции, перечисляя от него установленный процент патентообладателям. В 2013 году этот договор был заключен с ООО «Европолитест» (г.Москва).

Следующим этапом стало оформление и производство этой продукции. Но здесь университет не смог нам оказать достаточную помощь. Во-первых, он является некоммерческой организацией и потому не обладает правом тиражирования и продажи своих разработок. Во-вторых, разработка нормативно-технической документации оборудования и его аттестация должна выполняться предприятием изготовителем. В качестве такого предприятия нами была найдена малая коммерческая фирма ООО «Омикрон» (г. Красноярск). Имея опыт в проведении аттестационных работ, новым партнером при нашем участии были составлены и утверждены ТУ на разработанные приборы, а один из измерительных приборов (ИПС-03) был внесен в Госреестр средств измерений. Производство приборов было организовано на рабочих площадях ООО «Омикрон», а в последние годы - в ООО «СФУ-Система» (г. Красноярск).

И, наконец, кафедрой были разработаны и аттестованы для государственного экологического контроля (внесены в реестр природоохранной нормативной документации РФ) новые методики биотестирования токсичности воды.

На всю эту весьма напряженную работу ушло около двух лет. Однако, как показали ее результаты, она стоила того. После 13 лет совместной работы с нашими партнерами удалось произвести и внедрить в систему Ростехнадзора, Роспотребнадзора, а также в ведомственные экологические лаборатории более 500 комплектов разработанных нами методик и приборов для их выполнения. В результате в России уже половина региональных Центров лабораторного анализа и технических измерений (ЦЛАТИ) Ростехнадзора при определении токсичности природных и сточных вод и установлении класса опасности различных отходов пользуется нашими разработками.

Наши коммерческие партнеры в рамках своей рекламной деятельности вкладывают значительные средства в участия в крупных научно-технических выставках, привлекая нас в качестве научных консультантов. Одновременно в целях рекламы они финансируют поездки членов кафедры, участвующих в разработке продукции, на профильные научно-технические конференции. Со своей стороны СФУ, обладая лицензией, проводит на своей базе обучение пользователей наших разработок с выдачей удостоверений о повышении квалификации. Студенты и аспиранты, специализирующиеся на кафедре, активно привлекаются к созданию новой продукции и име-

ют возможность использовать производимое оборудование и методики в научных исследованиях.

Таким образом, во многом благодаря сотрудничеству с партнерами инновационная деятельность кафедры была успешно реализована, а востребованность результатов своей научной работы создает у коллектива кафедры стимул для внедрения новых исследовательских проектов.

Список литературы:

1. Григорьев Ю.С. Устройство для выращивания микроводорослей. Патент РФ № 2165973. / Григорьев Ю.С., Андреев А.А. // Оpubл. 27.04.2001. Бюл. № 12.
2. Григорьев Ю.С. Методика измерений оптической плотности культуры водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris* Beijer) для определения токсичности питьевых, пресных природных и сточных вод, водных вытяжек из грунтов, почв, осадков сточных вод, отходов производства и потребления. ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.10-04 Т 16.1:2:3:3.7-04, ФР.1.39.2015.20001. Москва, 2004 (издание 2014 г.), 37 с.
3. Жмур Н.С. Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и изменению плодовитости дафний. ФР.1.39.2007.03222 – Москва, Акварос, 2007. 52 с.
4. Григорьев Ю.С. Способ биотестирования токсичности воды на низших ракообразных животных. Патент РФ № 2377560 / Григорьев Ю.С., Шашкова Т.Л. / Оpubл. 27.12.2009. Бюл. № 36.
5. Григорьев Ю.С., Шашкова Т.Л. Методика измерений количества дафний (*Daphnia magna* Straus) для определения токсичности питьевых, пресных природных и сточных вод, водных вытяжек из грунтов, почв, осадков сточных вод, отходов производства и потребления методом прямого счета. ПНД Ф Т 14.1:2:4.12-06 Т 16.1:2:3.3.9-06, ФР.1.39.2015.19999. Москва, 2006 (издание 2014 г.), 39 с.
6. Григорьев Ю.С., Андреев А.А., Кравчук И.С., Гекк П.И. Способ биотестирования токсичности вод и водных растворов. Патент РФ №2482474 / Григорьев Ю.С., Андреев А.А., Кравчук И.С., Гекк П.И. // Оpubл. 20.05.2013. Бюл. № 14.
7. Григорьев Ю.С., Стравинскене Е.С. Методика измерений относительного показателя замедленной флуоресценции культуры водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris* Beijer) для определения токсичности питьевых, пресных природных и сточных вод, водных вытяжек из грунтов, почв, осадков сточных вод, отходов производства и потребления. ПНД Ф Т 14.1:2:4.16-09 Т 16.1:2:3:3.14-09, ФР.1.39.2015.20000. Москва, 2009 (издание 2014 г.), 37 с.

**INSTRUMENTAL METHODS FOR BIOASSAY OF AQUATIC SAMPLES
TOXICITY AND ESTABLISHING THE CLASS OF WASTE HAZARDS:
DEVELOPMENT, CERTIFICATION, INTRODUCTION**

Yu.S. Grigorev, T.L. Shashkova, E.S. Stravinskene
Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russia
e-mail: gr2897@gmail.com

Abstract

Three rapid bioassay methods for assessment of water and wastes toxicity to microalgae chlorella and daphnids have been developed. A complex of specialized equipment has been produced to provide these bioassays implementation. The methods and equipment are certified in the Russian Federation and approved for state environmental control. In cooperation with partners, the production of these devices and their active introduction in the Russian Federation was organized.

УДК 621.039.7

ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИОНУКЛИДНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО РЕАКТОРА В ПРОЦЕССЕ ЕГО ДЕМОНТАЖА.

Н.Н. Громов; А.В. Степанов; В.В. Лукьянов; Ю.Н. Смирский
*Национальный исследовательский центр “Курчатовский институт”,
Москва, 123182, Россия, e-mail: strizh31@yandex.ru*

Введение. В Национальном научно-исследовательском центре «Курчатовский институт» с проводятся работы по выводу из эксплуатации исследовательских реакторов МР и РФТ. Канальный водографитовый материаловедческий реактор РФТ (мощность вместе с петлевыми установками составляла 20 МВт) был введен в эксплуатацию в 1952 г. [1]. В составе реактора имелось пять петлевых установок для испытаний твэлов и конструкционных материалов. Реактор РФТ после 10 летнего периода интенсивной эксплуатации в 1962 г. был остановлен и частично демонтирован, а рядом с ним в том же здании сооружен более мощный петлевой реактор МР.

Реактор МР являлся многоцелевым материаловедческим исследовательским ядерным реактором, имевшим в своем составе 9 петлевых установок, обеспечивающих возможности моделирования условий эксплуатации тепловыделяющих сборок ядерно-энергетических установок различного типа и оснащенных соответствующими элементами контурного оборудования. В подвальных помещениях здания реактора размещены: бассейн с внутрикорпусными устройствами реактора, бассейн-хранилище для отработавших ТВС, технологическое оборудование реактора и экспериментальных петлевых установок, оборудование и трубопроводы первого и второго контуров охлаждения.

Реактор МР был окончательно остановлен в декабре 1992 года, в 1996 году после выгрузки топлива из активной зоны переведен в ядерно - безопасное состояние.

В 2011 году в НИЦ «Курчатовский институт» были начаты работы по демонтажу реактора МР и РФТ. В результате было демонтировано 110 т оборудования, из которых 53 т являлись радиоактивными отходами суммарной активностью $5,0 \cdot 10^{10}$ Бк. В 2013-2014 годах было демонтировано оборудование всех 9-ти петлевых установок и удалено оборудование из 47 подвальных помещений. Демонтаж оборудования позволил снизить мощность эквивалентной дозы в помещениях с 5-20 мЗв/ч до 0,01-0,03 мЗв/ч. В 2015 г. был демонтирован корпус реактора МР и графитовая кладка реактора РФТ [1-6].

В 2016 году после удаления оборудования в подвальных помещениях реактора начаты работы по измерению радиационного загрязнения этих помещений и удалению радиоактивных отходов (бетон, грунт, кирпичный бой). Загрязнение грунта произошло в результате интенсивной эксплуатации петлевых установок и возможных протечек трубопроводов испецканализации. Поэтому детальное измерение распределения удельной активности грунта по площади и глубине необходимо для определения количества удаляемых радиоактивных отходов.

Контроль радионуклидного загрязнения грунта. Для исследования радионуклидного загрязнения грунта из каждого помещения были отобраны 5-10 проб для спектрометрического анализа. Количество проб из каждого помещения зависело от данных проведенного ранее дозиметрического исследования. Общее количество исследованных проб грунта более 150.

Концентрацию гамма-излучающих радионуклидов определяли по гамма-спектрам, полученным с использованием спектрометрического комплекса InSpector-2000 фирмы Canberra полупроводниковым детектором из ОЧ германия GC-4018.

Анализ полученного гамма-спектра проводили с использованием программного обеспечения GENIE 2000. Типичный спектр представлен на рис.1

Концентрацию стронция-90 определяли на сцинтилляционном бета-спектрометре «Прогресс-бета» со сцинтилляционным блоком детектирования БДЭБ-3-2У на основе пластика.

Карта распределения удельной активности грунта в исследованных подвальных помещениях представлена на рис.1.

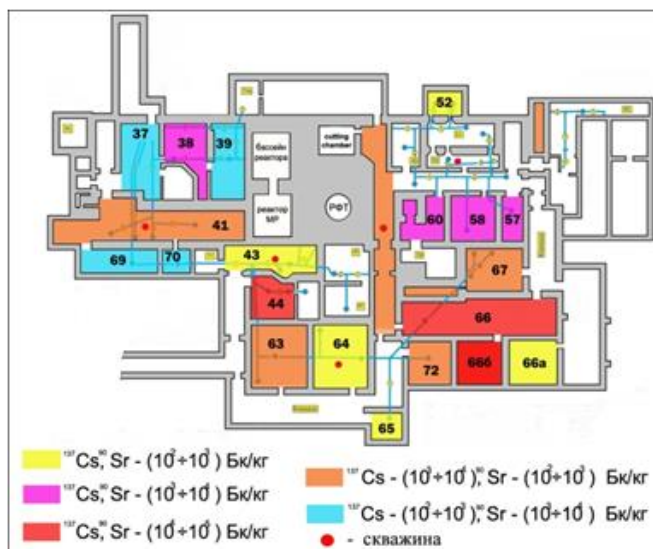


Рис. 1. Схема распределения удельной активности грунта в подвальных помещениях реакторов МР и РФТ.

Из представленной схемы видно, что распределение удельной активности грунта неравномерно. Загрязнение грунта в основном определяется радионуклидами ^{137}Cs и ^{90}Sr . При этом необходимо отметить, что в некоторых помещениях обнаружены локальные пятна загрязненного грунта с удельной активностью достигающих 10^7-10^8 Бк/кг ^{137}Cs . Удельная активность ^{90}Sr не превышает 10^6 Бк/кг.

Для определения распределения активности по глубине были пробурены скважины глубиной до 2.4 метров (рис.2). Из скважин отбирались пробы с разной глубины для лабораторных измерений. В таблице 3 и 4 представлены результаты измерений удельной активности ^{137}Cs и ^{90}Sr из скважин.

Из таблиц следует, что распределение загрязнения по глубине сильно различается в зависимости от помещения. Видно, что основное загрязнение сосредоточено в верхнем слое грунта глубиной до 1 метра. Дальнейшего изменения величины радионуклидного изменения по глубине зафиксировано не было.



Рис. 2. Установка для бурения скважин.

Таблица 1

Распределение ^{137}Cs по глубине скважины.

глубина, м	Удельная активность ^{137}Cs , Бк/кг				
	п.43	п. 50	п.64	КВП1	п.41
0	$5.6 \cdot 10^3$	$6.2 \cdot 10^3$	$4.2 \cdot 10^2$	$3.9 \cdot 10^3$	$3.6 \cdot 10^3$
0.5	$6.1 \cdot 10^5$	$4.8 \cdot 10^3$	$1.3 \cdot 10^2$	$5.5 \cdot 10^2$	$4.2 \cdot 10^2$
1.0	$1.5 \cdot 10^4$	$6 \cdot 10^2$	$3.2 \cdot 10^2$	$3.6 \cdot 10^3$	$2.9 \cdot 10^2$
1.5					$2.1 \cdot 10^2$
2.0					<100
2.4					$2.4 \cdot 10^2$

Таблица 2

Распределение ^{90}Sr по глубине скважины

глубина, м	Удельная активность ^{90}Sr , Бк/кг				
	п.43	п. 50	п.64	КВП1	п. 41
0	$7.5 \cdot 10^2$	$3.7 \cdot 10^2$	$1.7 \cdot 10^2$	$1.3 \cdot 10^3$	$6.5 \cdot 10^2$
0.5	$4.5 \cdot 10^3$	$1.8 \cdot 10^2$	<10	$3.2 \cdot 10^2$	$1.1 \cdot 10^2$
1.0	$6.5 \cdot 10^3$	<10	50	$2.1 \cdot 10^3$	$0.7 \cdot 10^2$
1.5					$1.2 \cdot 10^2$
2.0					$0.7 \cdot 10^2$
2.4					$0.9 \cdot 10^2$

Методом мазков определяли величину снимаемого поверхностного радионуклидного загрязнения, что позволило оценить возможную степень дезактивации производственных помещений. Отбирали влажные мазки (рис.3) с площади 30 см² (коэффициент снятия 0,4). Был выполнен спектрометрический анализ более 100 мазков. Результаты измерения мазков показали, что радионуклидное загрязнение помещений определяется в основном ^{137}Cs ($10\text{-}30$ Бк/см²), хотя заметный вклад в загрязнение вносит ^{90}Sr ($1\text{-}7$ Бк/см²). После проведения дезактивации производственных помещений, расположенных в подвале, величину снимаемого поверхностного загрязнения удалось снизить до величины не более 0.3 Бк/см² ^{137}Cs .

При демонтаже системы спецканализации в помещении 37 обнаружено частичное разрушение трубы спецканализации, что привело к протечке (рис. 3). На стенках трубопровода спецканализации был обнаружен осадок. Были исследованы пробы осадка, грунта с места протечки и на расстоянии 1-2 метра от нее.

Концентрации альфа-излучающих радионуклидов урана и плутония определяли по альфа-спектрам мишеней, приготовленных электрохимическим методом после экстракции 30% раствором ТБФ в толуоле [7,8]. Альфа-спектры снимали на вакуумном Alpha Analyst Integrated Alpha Spectrometer фирмы Canberra с полупроводниковым кремниевым детектором. Полученные альфа спектры представлены на рис. 4.

Концентрацию радионуклидов ^{241}Pu определяли на жидкостинтилляционном спектрометрическом комплексе фирмы Грин Стар SKS-07P-B11. Спектр обрабатывали в программе Liquid Master. Результаты измерений представлены в таблице 3.

Видно, что в осадке и в грунте на стенках трубопровода присутствуют как основные дозообразующие радионуклиды ^{137}Cs и ^{90}Sr так и элементы топливной матрицы. В отличие от ^{137}Cs и ^{90}Sr элементы топливной матрицы локализованы в пятне протечки. Распространение по площади помещения незначительно.



Рис. 3. Разрушенный трубопровод спецканализации.

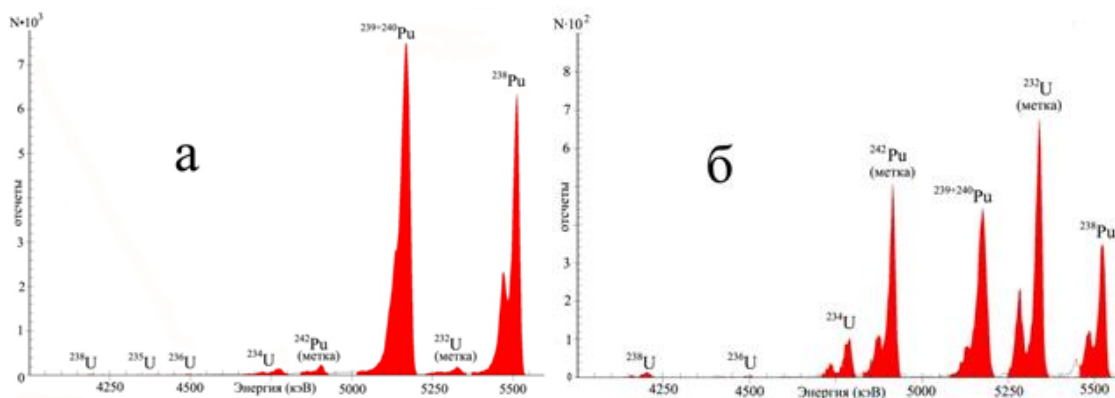


Рис. 4. Альфа спектр осадка (а) и грунта на расстояние 1 м от пятна (б).

Таблица 3

Удельная активность грунта и осадка

	Удельная активность, Бк/кг			
	осадок	пятно протечки	Грунт № 1	Грунт № 2
¹³⁷ Cs	1,8·10 ⁸	6,2·10 ⁶	9,4·10 ⁶	4,2·10 ⁶
⁹⁰ Sr	9,6·10 ⁷	1,6·10 ⁶	1,8·10 ⁶	1,1·10 ⁶
²⁴¹ Am	1,8·10 ⁶	2·10 ³	<10 ³	<10 ³
²³⁴ U	9,6·10 ³	100	14	15
²³⁵ U	6·10 ²	1,6	<0,1	<0,1
²³⁶ U	1,2·10 ³	2,6	0,4	0,5
²³⁸ U	8·10 ²	3	1,4	1,8
²³⁸ Pu	2,7·10 ⁵	6,7·10 ²	80	80
²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	4·10 ⁵	1,3·10 ³	115	116
²⁴¹ Pu	5·10 ⁶	1,7·10 ³	70	140

Заключение. Проведен спектрометрический анализ более 100 мазков и 150 образцов грунта. Установлено, что радионуклидное загрязнение производственных помещений определяется в основном ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr. В тех случаях, когда удельные активности радионуклидов в грунте превышали величину МЗУА (10⁴Бк/кг для ¹³⁷Cs и 10⁵ Бк/кг для ⁹⁰Sr) [9], осуществляли его частичную замену, в ряде случаев на глубину до 1.5м. В результате удалось снизить уровень загрязнения грунта до величин менее 10³Бк/кг ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr. Загрязнение грунта элементами топливной матрицы незначительно, и носит локальный характер. Показано что дезактивация стен производственных помещений позволит уменьшить их загрязнение на 2 порядка.

Список литературы:

1. Волков В.Г. Подготовка к выводу из эксплуатации исследовательского реактора МР в РНЦ «Курчатовский институт» / Ю.А. Зверков, В.И. Колядин, и др. // Атомная энергия, 2008. – Вып. 104 – №5 – С.259 – 263.
2. Степанов В.Е. Дистанционно управляемый коллимированный детектор γ -излучения для измерения радиоактивных излучений / О.П. Иванов, А.В. Лемус, и др. // Атомная энергия, 2010. – Вып. 109 – №2 – С.82 – 83.
3. Ivanov O.P. Experience of application of new remote controlled instruments for scanning of distribution of radioactive contamination in rooms with high dose rate/ A.S. Danilovich, V.E. Stepanov et al. – ICEM'11 Conference Proceedings - 59354, Reims, France, September 25 – 29, 2011.
4. Danilovich A.S. Radiological survey of contaminated installations of research reactor before dismantling in high dose conditions with complex for remote measurements of radioactivity /O.P. Ivanov, A.V. Lemus, et al. – WM2012 Conference Proceedings - 12069, Phoenix, Arizona, USA, February 26 – March 1, 2012
5. Волкович А.Г. Особенности демонтажа внутрикорпусных конструкций реактора РФТ / О.П. Иванов, А.В. Лемус, и др. // Атомная энергия, 2016. – Вып. 121 – №5 – С.294 – 298.
6. Волкович А.Г. Радиационное обследование цеха сточных вод реатора РФТ / Ю.Н. Смирский, А.В. Степанов, и др. // Атомная энергия, 2018. – Вып. 125 – №2 – С.115 – 118.
7. Степанов А.В. Экспресс метод анализа РАО на наличие компонентов топливной матрицы / Ю.Н. Смирский, И.А. Семин, А.Г. Волкович. // Радиохимия, 2016. – Вып. 58 – №3 – С.261 – 263.
8. Громов Н.Н. Методика определения радионуклидов урана и плутония в почвах / Ю.Н. Смирский, А.В. Степанов, И.А. Семин. – «Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2018», Севастополь, 24 – 27 сентября, 2018 – С.319 – 321.
9. СанПиН 2.6.1.2523-09 Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009.

SURVEY OF RADIONUCLIDE CONTAMINATION OF RESEARCH REACTOR PREMISES DURING DISMANTLING

N.N. Gromov, A.V. Stepanov, V.V. Lukianov, Iu.N. Simirskii

*National Research Center "Kurchatov institute",
Moscow, 123182, Russia, e-mail: strizh31@yandex.ru*

Abstract

From 2011 specialists of the NRC Kurchatov institute carry out the dismantling of MR and RFT research reactors. After the dismantling of equipment from the basements rooms under reactor, the measuring of contamination in it and removing the radioactive waste (soil, brick and concrete rubble) were begun. Soil contamination is the result of pipeline leakage, special sewage leakage, long and intensive use of reactor loops setup. This radioactive contamination is highly inhomogeneous by the area of premises and by the depth of penetration into the ground. Therefore, distribution of specific activity of radionuclides in a soil by the area and by the depth will allow reducing amount of the radioactive waste.

A spectrometric analysis of more than 100 strokes and 150 soil samples was made. We found out that radionuclide contamination of the soil was formed mainly by ^{137}Cs and ^{90}Sr . In some premises, the soil was contaminated by the components of the fuel matrix, but its specific activity imperceptibly. In cases where specific activities of radionuclides in the soil exceeded the value of MSSA (10^4Bq/kg for ^{137}Cs and 10^5Bq/kg for ^{90}Sr) its partial replacement was carried out, in some cases to a depth of 1.5 m. As a result it was possible to reduce the level of soil contamination to less than 10^3Bq/kg ^{137}Cs and ^{90}Sr .

ОТ ТРАДИЦИОННОЙ К ОПЕРАТИВНОЙ БИОИНДИКАЦИИ И ОН-ЛАЙН БИОМОНИТОРИНГУ – НОВЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ В СИСТЕМЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

А.В. Гудимов¹, А.И. Бурдыгин², Е.П. Комарова³

¹*Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН,
Мурманск, 183010, Россия, e-mail: alexgud@mail.ru*

²*Институт эволюционной физиологии и биохимии им. И.М. Сеченова,
Санкт-Петербург, 194223, Россия*

³*НИИ физики, Южный федеральный университет,
Ростов-на-Дону, 344090, Россия*

Основная проблема существующего экологического биомониторинга в том, что он с большим опозданием констатирует результаты воздействия. Причем, это возможно лишь тогда, когда изменения сообществ за несколько лет уже стали весьма значительны. К тому же, полученные результаты отражают последствия влияния как антропогенных, так и природных факторов в совокупности.

Технология стандартного биомониторинга, основанная на дискретном пробоотборе, лишена какой-либо оперативности, имеет малую чувствительность к изменениям среды, и потому способна к выявлению только отдаленных последствий антропогенных воздействий.

До настоящего времени оперативный контроль экологической безопасности морской среды полностью отсутствует, что делает невозможным своевременное обнаружение экологически опасных ситуаций, в том числе, при возникновении токсического загрязнения или иных аномальных изменений условий среды.

Обеспечение оперативного контроля экологической безопасности водных экосистем теперь может быть достигнуто путем внедрения новейшей технологии непрерывного биомониторинга - он-лайн биосенсорного мониторинга [1] в сочетании с системой оперативной биоиндикации (т.е. биоиндикации «раннего предупреждения»). Технические возможности для внедрения таких систем появились сравнительно недавно. Первые системы «раннего предупреждения» (biological early warning systems- BEWS) прошли испытания на пресных водах Европы в 90х годах прошлого века и успешно используются в ряде стран.

В отличие от BEWS, главным в создании действующей системы он-лайн (оперативного) биомониторинга является все же не современная техника регистрации и передачи данных, а технология биосенсорного обнаружения токсичности вод в природных условиях, т.е. фактически, технология биоиндикации.

Применение системы биоиндикаторов, включающей разные виды и уровни иерархии биосистем (от организма до сообщества) дает множество преимуществ и является современным направлением развития биомониторинга и биоиндикации.

Первым шагом к использованию биоиндикаторов является понимание того, что такое индикатор вообще и какие экологические задачи призван решать этот инструмент. Считается, что успешный индикатор как минимум должен:

- уменьшить объем работ необходимых для оценки ситуации и их стоимость,
- упростить и ускорить процесс донесения информации до операторов и экспертов, а также управленческих структур и других заинтересованных сторон.

Индикатор – это тип сигнала, который способен в упрощенном виде передать основную информацию об изменениях всей системы.

Индикаторы должны быть динамичными, понятными пользователям, и объединять многообразие различных переменных и отдельных результатов в достаточно полную и важную, обязательно краткую информацию о состоянии экосистемы.

Иными словами, индикатор – это относительно быстрое измерение, дающее упрощенную, но адекватную картину сложной реальности. Несмотря на опасность чрезмерного упрощения в подборе и использовании индикаторов, их эффективность в отношении времени и ресурсов является решающим фактором в выборе данного инструмента для выполнения экологических задач.

Доминирование или исчезновение видов-биоиндикаторов (растений и животных) в биологическом сообществе, на определенной территории, или изменение параметров активности организмов-индикаторов дают информацию об уровне безопасности и здоровье экосистемы или, напротив, наличии антропогенного стресса.

Стресс в водных системах влияет, в первую очередь, на поведенческие, физиологические и биохимические процессы и, таким образом, изменяет сначала функционирование организмов, затем рост, а при более длительном воздействии – репродукцию и смертность. В итоге, популяции одних видов сокращаются, других – могут увеличиваться (в том числе, за счет уменьшения конкуренции).

Биоиндикаторы (БИ) отличаются тем, что они во всех случаях и на всех уровнях исследования реагируют первыми на стресс. Сначала реакция видна по отдельным параметрам активности организма (поведенческим и физиологическим), затем, по убыванию оперативности, идут биохимические [2], популяционные показатели и особенности вида (включая биоаккумуляцию загрязняющих веществ).

Применение БИ сложнее, чем их понимание и требует не только определенной экологической квалификации, но и опыта работы в полевых условиях. Если этого нет, то возникают не просто казусы, а псевдонаучные подходы, при которых авторы считают, например, что если у морских организмов из разных (тем более из удаленных!) биотопов есть разная динамика реакции на искусственный острый стресс (добавку пресной воды = «физиологическая нагрузка»!), то значит... эти биотопы отличаются уровнем загрязнения (!) [3]. Такая немедленная реакция на стресс это не то же самое, что накопление поллютантов в тканях [2], не говоря уже о том, что содержание в садках для подвижных организмов – двустворчатых моллюсков маком и беззубок, само является сильным хроническим стрессом. Экологическая несостоятельность работы [3] особо заметна при как бы сделанном «выборе» видов-индикаторов загрязнения. В частности, даже школьники Москвы знают, что моллюск «макома относится к немногим формам, хорошо переносящим загрязнение моря сточными водами, нефтепродуктами, отходами некоторых отраслей промышленности» [4].

Задача биоиндикации не в том, чтоб сигнализировать об уже известном загрязнении, а в том, чтоб обнаружить загрязнение там, где оно не очевидно. Экологическая задача БИ намного сложнее – выделить на фоне нормальных естественных реакций патологические, и «подгонка под ответ» тут не пройдет.

Однако, главная проблема БИ в другом: несмотря на появление новых методов индикации состояния водной среды по биологическим объектам, основные подходы к биоиндикации, доминирующие в мировой практике, остаются прежними. Концептуально и методически они основаны на традиционных методах биомониторинга с присущими ему недостатками: огромной инертностью и отсутствием оперативности, в том числе из-за консервативной/устаревшей технологии пробоотбора и обработки проб.

Несомненно, что в любом качестве биоиндикаторы являются необходимым инструментом экологического мониторинга, но особенно важны те из них, которые направлены на самую раннюю индикацию локального загрязнения, обеспечивая предупреждение опасного загрязнения всей экосистемы.

К таким биоиндикаторам оперативного предупреждения относятся организмы-биосенсоры.

Известно, что разные виды, в том числе, организмы-индикаторы по-разному реагируют на одни и те же вещества или процессы, а также различаются по степени контакта со средой обитания. Поэтому не каждый вид может быть надежным индикатором, как и не каждый вид-индикатор может служить организмом-биосенсором. К организмам-биосенсорам предъявляется ряд технологических требований, и их многоступенчатый отбор является самостоятельной задачей. Такими индикаторами - «часовыми» (*sentinel species* - в традиционном понимании), могут быть биологические виды, по параметрам активности которых можно судить о начавшихся опасных изменениях среды. В контроле качества воды к этой группе прежде всего относятся организмы-фильтраторы, способные постоянно контролировать качество окружающей среды, рефлекторно реагируя на ее изменения в любой момент времени.

Среди исследованных нами (1986 – 2008 гг.) потенциальных биосенсоров – двустворчатых моллюсков *Cardium edule*, *Modiolus modiolus*, *Mya arenaria*, *Mya truncata*, *Tridonta borealis*, *Mytilus edulis*, *Mytilus trossulus*, *Mytilus galloprovincialis*, и *Chlamys islandica*, мидия съедобная (*Mytilus edulis*) имеет наибольшую чувствительность к изменениям условий среды. Это обусловлено, прежде всего, условиями обитания моллюсков, их адаптациями.

Технология оперативной биоиндикации основана на всестороннем знании экологии, физиологии и биологии вида-биосенсора и находится сегодня еще в начальной стадии мировых разработок. В системе он-лайн биомониторинга надежное обнаружение токсичности среды с помощью организмов-биосенсоров должно базироваться на результатах исследований функциональной активности организмов как в естественных (нормальных) условиях, так и при воздействии загрязнения. По одним видам такие исследования редки, по другим - отсутствуют.

В общем виде технология биосенсорного онлайн мониторинга [1] и биоиндикации выглядит следующим образом. Регистрация параметров активности организма-биосенсора производится в специальной установке в природных условиях постоянно, в режиме реального времени. После передачи данных через Интернет, производится вычисление параметров активности биоиндикатора-биосенсора. В случае возникновения значительных изменений в поведении или иных физиологических показателей организмов-биосенсоров результирующая оценка (уровень тревоги) состояния среды по полученным сигналам осуществляется автоматически, либо полуавтоматически (оператором или экспертом) в течение минимального времени - от 0.5 до 6 ч, в зависимости от степени воздействия.

Список литературы:

1. Massabuau, J.-C., Gudimov A. and Blanc P. Environmental Monitoring of Arctic Waters with Unmanned Bivalve Biosensor Technology: One Year of Background Data Acquisition in the Barents Sea // Proc. SPE Russian Petroleum Technology Conference. [Электронный ресурс]: (October 26, 2015, Moscow). Paper SPE-176681-MS: <https://www.onepetro.org/download/conference-paper/SPE-176681-MS?id=conference-paper%2FSPE-176681-MS>
2. Turja, R., Soirinsuo, A., Budzinski, H., Devier, M.H., Lehtonen, K.K., Biomarker responses and accumulation of hazardous substances in mussels (*Mytilus trossulus*) transplanted along a pollution gradient close to an oil terminal in the Gulf of Finland (Baltic Sea) // Comp. Biochem. Physiol. C Toxicol. Pharmacol. - 2013.- v.157. – P. 80–92.
3. Kholodkevich S.V., Kuznetsova T.V., Sharov A.N., Anton S. Kurakin A.S., Lips U., Kolesov N., Lehtonen K.K. Applicability of a bioelectronic cardiac monitoring system for the detection of biological effects of pollution in bioindicator species in the Gulf of Finland // Journal of Marine Systems. – 2017.- v.171 – P. 151–158

4. Лебедь И.С. Сравнительная оценка поселений двустворчатого моллюска *Macoma balthica* на затишном и прибойном участках литорали Белого моря (3-часть). [Электронный ресурс]. – 2014 – Режим доступа: <https://educontest.net/storage3/article/72843/macoma%20balthica.docx>

**FROM TRADITIONAL TO IMMEDIATE BIOINDICATION AND
ON-LINE BIOMONITORING - NEW TECHNOLOGIES IN THE SYSTEM
OF ENVIRONMENTAL SAFETY**

A.V. Gudimov¹, A.I. Burdygin², E.P. Komarova³

¹*Murmansk Marine Biological Institute of KSC of RAS,
Murmansk, 183010, Russia, e-mail: alexgud@mail.ru*

²*Sechenov Institute of Evolutionary Physiology and Biochemistry RAS,
Saint-Petersburg, 194223, Russia,*

³*Research Institute of Physics at Southern Federal University,
Rostov-on-Don, 344090, Russia*

Abstract

Providing online control of the environmental safety in aquatic ecosystems can now be achieved by introducing the latest technology of on-line biosensor monitoring. The indicator parameters of the biosensors - sentinel species activity can be used to assess the environmental quality in-situ. To control the quality of natural waters, filter-feeding organisms are the target group, since they are able to continuously monitor the quality of the environment and respond to changes in it at any time.

ТРИ УРОВНЯ КОНТРОЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ: СМЕНА ТЕХНОЛОГИИ БИОМОНИТОРИНГА

А.В. Гудимов¹, В.С. Свити́на², А.И. Бурдыгин³, Е.П. Комарова⁴

¹*Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН,
Мурманск, 183010, Россия, e-mail: alexgud@mail.ru*

²*Министерство рыбного и сельского хозяйства Мурманской области,
Мурманск, 183037, Россия, e-mail: svitina@gov-murman.ru*

³*Институт эволюционной физиологии и биохимии им. И.М. Сеченова,
Санкт-Петербург, 194223, Россия*

⁴*НИИ физики, Южный федеральный университет,
Ростов-на-Дону, 344090, Россия*

Введение. Мониторинг – это система постоянного наблюдения за явлениями и процессами, проходящими в окружающей среде и обществе, служащая для обоснования управленческих решений по обеспечению безопасности людей и объектов экономики [1]. В рамках мониторинга происходит оценка, контроль объекта, управление состоянием объекта в зависимости от воздействия определённых факторов [2].

Экологический мониторинг, – важная составляющая системы экологической безопасности, направлен на выявление и оценку антропогенных изменений экосистем. Предполагается, что назначение экологического биомониторинга состоит в обнаружении последствий загрязнения среды и иной хозяйственной деятельности на основе выявления изменений в биологических компонентах экосистем.

Среди компонентов морских экосистем (планктон, бентос, рыбы) приоритетным объектом биомониторинга признан бентос (сообщества донных организмов), поскольку он связан с локальным биотопом, характеризует местную ситуацию и изменения среды за длительный период времени.

Первая проблема типового биомониторинга (БМ) в том, что хотя изменения в популяциях и донных сообществах неизбежно следуют за изменениями среды, но происходит это постепенно, как правило, с большим запаздыванием (инерцией). Возрастание смертности или, напротив, увеличение численности организмов под влиянием условий среды требует определенного времени (от 1 года и более). Изменения многих биологических сообществ не заметны (или не достоверны) на коротких временных интервалах. Поэтому, на практике, только многолетние (от 5-10 лет) или катастрофические трансформации сообществ могут быть относительно надежно отслежены методами стандартного (традиционного) биомониторинга [3].

Вторая проблема БМ – это технологическая инерция, обусловленная временем, затрачиваемым на проведение экспедиций, отбор и обработку биологических проб («разборка» проб занимает в среднем от нескольких месяцев до года).

В итоге, стандартный биомониторинг дает результаты, которые отражают реакцию на изменение факторов среды с запаздыванием в 5-7 и более лет [4]. Системная и технологическая инерция БМ не позволяют вовремя получать оперативную экологическую информацию. В результате, об угрозе экологической безопасности мы узнаем *post factum*, т.е. с большим опозданием, когда воздействие давно произошло. Поэтому на основе БМ принятие адекватных управленческих решений по предотвращению загрязнения акваторий и защите экосистем невозможно в принципе.

В довершении всего, в нынешних условиях результаты биомониторинга весьма упрощены, и в большинстве случаев основные подходы к экологическому мониторингу, такие как учет естественной изменчивости и сукцессий, не соблюдаются. И это третья проблема экологического БМ.

Стандартный БМ – это устаревшая технология, базирующаяся на бесконечном ручном труде по подготовке и проведении экспедиций, пробоотбору, фиксации и камеральной разборке проб, скрупулезным подсчетам с длинными списками видов и математической/статистической обработкой. Такие традиционные методы, несомненно, нужны, но, главным образом, для фундаментальных исследований, и то, только тогда, когда они работают на важную теорию или научную идею/гипотезу. На практике обычна обратная ситуация, когда огромное количество собранных проб и данных (и публикаций!) дает мизерные, малозначительные или приблизительные результаты, относящиеся к второстепенным экологическим вопросам, при колоссальных трудовых и финансовых затратах.

Становится ясно, что для решения большинства прикладных задач экологии исследования по типу полномасштабного традиционного биомониторинга не нужны, они избыточны и к тому же экологически неэффективны, особенно, в отношении защиты экосистем от антропогенного воздействия.

Очевидно, что для соблюдения экологической безопасности, сохранения чистоты водной среды и целостности сообществ и экосистем самым важным является не полнота видовых списков и оценка соотношений обилия видов, а своевременное обнаружение антропогенного влияния.

Как раз в этом существующий экологический биомониторинг совершенно бесполезен. Даже с привлечением современных биомаркеров и других методов биохимических и физиологических анализов и тестов (с неизбежным отбором проб) «эффект post factum» - запаздывание реакции на загрязнение остается значительным,

Поступающее в экосистему загрязнение быстро становится незаметным и хроническим из-за сильного разведения в море. Для его обнаружения средствами традиционного биомониторинга обычно требуются годы.

Таким образом, комплексная проблема технологии стандартного БМ не может быть решена до тех пор, пока БМ остается в стороне от стремительно развивающихся технологий во всех других областях человеческой деятельности. Экологический биомониторинг на море практически не изменился за последнее столетие: далек от современных технологий и автоматизации рутинных процессов; основан на пробоотборе, ручной работе и огромных трудозатратах.

Причина процветания экологически неэффективного традиционного биомониторинга кажется странной только на первый взгляд. Очевидно, главная причина этого явления, помимо объективных, заключается в гарантированной для исполнителя доходности применения архаичной технологии БМ в многочисленных коммерчески-ориентированных нефтегазовых и других проектах, требующих экологического обоснования. Законодательно закрепленный (в инженерно-экологических изысканиях, например) приоритет стандартного фонового биомониторинга, рассматриваемого, видимо, в качестве некоего «универсального инструмента решения экологических проблем», является недальновидным, порочным решением. Без обязательной направленности на применение современных технологий стандартный мониторинг загнан в тупик, как технически, так и технологически.

Такой ограниченный подход не только тормозит развитие БМ, но и не направлен на поиски новых решений проблем экологической безопасности, равно как и других экологических проблем регионов, возникающих при добыче, переработке и транспортировке полезных ископаемых или любой другой хозяйственной деятельности.

Поиск выхода из ситуации заключается, прежде всего, в ее осознании, а затем в разработке и внедрении новых технологий биологического мониторинга, потребность в которых очевидна.

Новая технология экологического контроля водной среды - технология непрерывного и оперативного биомониторинга (ОБМ) появилась сравнительно недавно, проходит испытания, тестируются в разных странах [5]. Последним результатом

наших исследований (1996–2017 гг.) в этом направлении стало создание и успешное испытание в прибрежье Баренцева моря экологического зонда – биотехнического комплекса ОБМ [6]. Система работает на организменном уровне, выполняет непрерывную регистрацию показателей активности двустворчатых моллюсков-биосенсоров с передачей данных через Интернет в режиме реального времени. Хотя в некоторых странах подобные биологические мониторы водной среды уже давно выпускаются серийно, их широкое применение, очевидно, еще впереди.

Тем не менее, при правильном подходе уже сейчас можно повысить оперативность экологического БМ и без применения электроники и специальных устройств. Для контроля экологической безопасности с дискретностью реагирования 0.5-3 года наиболее эффективна другая, разрабатываемая нами технология краткосрочного мониторинга и биоиндикации, работающая на популяционном уровне [3].

С привлечением новых подходов и современной техники изменение технологии стандартного биомониторинга стало возможным.

Новая технология биомониторинга актуальна для всех морских экосистем, для Черного моря в особенности. Узкая полоска продуктивных прибрежных биоценозов Черного моря, ограниченная зоной сероводородного заражения, очень уязвима, но именно она обеспечивает самоочищение и сохранение черноморской экосистемы. Контроль чистоты вод – очевидное и главное в рекреационном использовании черноморских здравниц и пляжей, и, потому он экономически выгоден.

Чистота и экологическая безопасность вод Черноморского побережья и Крыма должны быть под надежным контролем, который способно обеспечить только применение передовых технологий биомониторинга.

Биомониторинг трех уровней оперативности обладает наибольшей надежностью, контроль экологической безопасности становится максимальным, недостижимым для существующего экологического биомониторинга.

Работа выполнена по теме госзадания ММБИ КНЦ РАН

Список литературы

1. Мониторинг // Гражданская защита: Энциклопедия в 4-х томах. Т. II (К – О) — М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2015.
2. Мониторинг //Корнеева Т. В. Толковый словарь по метрологии, измерительной технике и управлению качеством. Основные термины: около 7000 терминов — М.: Рус. яз., 1990.
3. Гудимов А.В. Экологический биомониторинг водных экосистем: на пути к новейшим технологиям// Морские экосистемы и сообщества в условиях современных климатических изменений / (Отв. Ред. Г.Г. Матишов); ММБИ КНЦ РАН - Спб.: Реноме, 2014. - С. 326-344.
4. Фролова Е.А., Любина О.С., Дикаева Д.Р., Ахметчина О.Ю., Фролов А.А. Влияние климатических изменений на зообентос Баренцева моря (на примере нескольких массовых видов) // Доклады Академии Наук. - 2007. - Т. 416. №1. - С. 139-142.
5. Massabuau, J.-C, Gudimov A. and Blanc P. Environmental Monitoring of Arctic Waters with Unmanned Bivalve Biosensor Technology: One Year of Background Data Acquisition in the Barents Sea // Proc. SPE Russian Petroleum Technology Conference, -[Электронный ресурс]: (October 26, 2015, Moscow). Paper SPE-176681-MS: <https://www.onepetro.org/download/conference-paper/SPE-176681-MS?id=conference-paper%2FSPE-176681-MS>
6. Гудимов А.В. Оперативный (он-лайн) биомониторинг - стратегический путь развития экологического биомониторинга // Современные проблемы и перспективы развития прибрежных регионов. Контактный и спутниковый мониторинг социально-экономических проблем в береговой зоне.: Матер. Междунар.Конф.

MESEP-2015. (Ростов-На-Дону, 26-29 ноября 2015). - Ростов-На-Дону: Изд. ЮНЦ РАН, 2016. - С. 57-62.

**THREE LEVELS OF ECOLOGICAL SAFETY CONTROL:
CHANGES FOR BIOMONITORING TECHNOLOGY**

A.V. Gudimov¹, V.S. Svitina², A.I. Burdygin³, E.P. Komarova⁴

¹*Murmansk Marine Biological Institute of KSC of RAS,
Murmansk, 183010, Russia, e-mail: alexgud@mail.ru*

²*Ministry of Fisheries and Agriculture of the Murmansk region,
Murmansk, 183037, Russia, e-mail: svitina@gov-murman.ru*

³*Sechenov Institute of Evolutionary Physiology and Biochemistry RAS,
Saint-Petersburg, 194223, Russia,*

⁴*Research Institute of Physics at Southern Federal University,
Rostov-on-Don, 344090, Russia*

Abstract

The main shortcoming of any standard biomonitoring is the long delay in response to environmental changes. Online control of the environmental safety is available nowadays as an advanced technology to detect environmentally hazardous conditions, e.g. any toxic pollution, in the near real-time. Our system of continuous online biomonitoring is the first in Russia a complete and full-blown system for automatic biosensor monitoring and online bioindication of the natural environment.

ВЛИЯНИЕ ПРОВОДИМЫХ ГЕОЛОГО-РАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ НА ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ ОБСТАНОВКУ НА ЮЖНОМ СКЛОНЕ БОЛЬШОГО КАВКАЗА (ФИЛИЗЧАЙСКОЕ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ)

Г.А. Гулиева

*Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности,
г. Баку, AZ1010, Азербайджан, e-mail: ico@asoiu.edu.az*

Разработка рудных месторождений сопровождается отрицательным воздействием на окружающую среду, которое заключается в исключении из сельскохозяйственного оборота временно или безвозвратно больших земельных угодий, ухудшении состояния гидроресурсов, загрязнения атмосферы воздуха вокруг рудников, обогатительных фабрик и металлургических заводов, а также в нарушении природы.

Добыча полезных ископаемых при разработке железорудных месторождений с их дальнейшей переработкой приводит к негативному изменению окружающей среды в регионах с горнодобывающей промышленностью. Под воздействием объектов горно-обогатительных комбинатов происходит постепенное преобразование всех элементов ландшафта: почв, растений, грунтовых вод и постепенно формируются ландшафты с аномальным содержанием макро и микрокомпонентов. К мощным техногенным источникам относятся хвостохранилища, промплощадки, жилмассивы, аварийные емкости, отвалы, карьеры и т.д. Породы, вмещающие рудные тела, в той или иной мере обогащенные металлами, всегда являются источником захламления территорий и возможного извлечения из них токсичных элементов в результате окисления и выщелачивания. Одним из таких регионов является находящееся на Южном склоне Большого Кавказа Филлизчайское полиметаллическое месторождение. Оно является одним из крупнейших месторождений мира.

С начала 1950-х и до середины 1990-х годов на Южном склоне Большого Кавказа непрерывно и в большом объеме проводились наиболее интенсивные, широко-масштабные и продолжительные геологоразведочные работы. Только на Филлизчайском месторождении пробурено более 300 буровых скважин глубиной от 300 м до 1200 м, пройдены подземные горные выработки (штольни и т.д.). Помимо этого, было пройдено значительное количество наземных выработок, канав и шурфов [1,2].

Параллельно с этим проводилось много вспомогательных работ. Свыше 1 млн. тонн породы и сотня тысяч тонн добываемой рудной массы собраны на склонах гор. В процессе этих геологоразведочных работ были обнаружены месторождения с огромными запасами полиметаллических руд. Вышеуказанные месторождения полностью исследованы и готовы к разработке.

К числу главных причин, по которым сдерживается освоение Филлизчайского месторождения, относятся: сложные горно-геологические условия залегания рудных тел; месторасположение в пределах центральной экологической зоны Закатальского заповедника; отсутствие организационно-технических решений, связанных с добычей и обогащением руды, надежно обеспечивающих экологическую безопасность территории.

Разработка месторождений полезных ископаемых должна осуществляться в соответствии с утверждённым проектом или технологической схемой. При этом должны быть решены вопросы экологического обоснования целесообразности разработки месторождения.

Экологическое обоснование целесообразности разработки месторождений проводится в соответствии с условиями природопользования, согласованными при вы-

боре места размещения объекта, включая ограничения, связанные с особой ценностью и опасностью предполагаемого района работ. По этой причине разработка месторождения должна вестись планомерно, эффективно, с соблюдением мер по охране окружающей среды.

В результате геологоразведочных работ произошли существенные изменения в гидрогеологической ситуации местности, значительно возросли площади нарушенных земель и загрязнения природной среды, как следствие – нарушение геохимического равновесия в природе.

К промышленному освоению Филлизчайского месторождения допустимо приступать только после опережающей организации надежного мониторинга. Критерием допустимости производственной деятельности является соблюдение предельных концентраций вредных веществ (в реках, в почве, в воздухе), при которых обеспечивается сохранность уникальной природной экологической системы данного региона.

С целью выявления последствий в 2003-2009 годах на южном склоне Большого Кавказа проводились работы по оцениванию геоэкологической обстановки в районе Мазымчай и Катехчай, что входит в состав Филлизчайского полиметаллического месторождения. Главной задачей этих работ была оценка воздействия на окружающую среду проведенных геологоразведочных работ и прогнозирование влияния добычи полезных ископаемых на геоэкологическую обстановку вышеупомянутой территории.

В ходе проведенных работ выяснилось, что среднее содержание различных микроэлементов в коренных и пустых породах, почвах, подземных и наземных водах и растениях различных ландшафтных подзон, районов и участков, сравнительно поднимаясь выше, отличаются от нормы, а иногда оказываются многократно больше нее. По отдельным точкам и маленьким участкам этот показатель в редких случаях бывает на уровне ПДК (пределы допустимой концентрации) или больше него. Это образовалось в результате загрязнения окружающей природной среды загрязняющими ингредиентами рудного происхождения (ЗИРП). Также на загрязнение окружающей природной среды подействовали как природные, так и антропогенные факторы. Эти загрязнения образовались как на участках рудных месторождений и проявлений, так и вдали от них [1,3,4].

Загрязнение окружающей среды ЗИРП на участках рудных месторождений и проявлений и вокруг них происходило в результате выветривания и эрозии рудных тел и рудовмещающих пород. Загрязнения, находившиеся вдали от рудных залежей, образовались в результате механической, физико-химической, биогенной и техногенной миграции, осаждения и аккумуляции их в условиях определенных геохимических барьеров рудных компонентов. На исследованной территории были установлены и оконтуриваны аномалии загрязнения окружающей природной среды ЗИРП [2, 3].

Отрицательное влияние на окружающую среду разработки рудного месторождения в Балакан-Закатальском районе можно объединить в 3-х группах.

1) В связи с проведением вышеуказанных работ в период разведки рудных месторождений на данной и прилегающих к ней территориях происходит опустошение лесов из-за вырубki деревьев, почва подвергается эрозии, ускоряется выветривание пород, активизируются оползневые зоны.

2) В связи со строительными, коммуникационными, а также производственными работами в определенных участках естественный горнолесной ландшафт сменяется техногенно-промышленным ландшафтом.

3) Добыча, транспортировка, переработка, а также размещение и хранение техногенных преобразований приводит к загрязнению компонентов окружающей среды: почв, воды, растений и воздуха.

При разработке месторождений влияние на окружающую среду 3-й группы по сравнению с 1-2 группами более обширное и является главной геоэкологической проблемой.

Развитие гидрогеохимических и биогеохимических ореолов рассеяния рудных компонентов значительно расширяет области влияния месторождений на окружающую среду, а высокая миграционная способность многих токсичных элементов сказывается на ухудшении общей экологической обстановки.

В связи с этим подготовлены предложения по охране окружающей среды данной местности. Эффективная реализация этих предложений возможна на базе соответствующего развития экономики, науки, техники и всестороннего совершенствования знаний о гармоничном взаимодействии человека с окружающей средой.

Геолого-экологические исследования проведенные в 2003-2009 гг. и во второй половине прошлого века в районе Фелизчайского полиметаллического месторождения выявили, что в результате проводимых геологоразведочных работ атмосферный воздух в течение десятилетий был загрязнен более чем 15 аэрозолями, почва, воды и растения почти 30 вредными и токсичными ингредиентами.

Анализ сотен и тысяч литохимических, гидрохимических и биохимических образцов показал, что в связи с проведением геологоразведочных работ во второй половине прошлого века, степень загрязнения токсичными ингредиентами увеличилась, а после приостановления в 1985 г. этих работ наблюдалось постепенное снижение загрязнения до уровня нормы [1, 4].

Данная местность месторождения полиметаллических руд уникальна и отличается своеобразной природой. Здесь находится Закатальский заповедник с уникальными видами флоры и фауны. По этой причине разработка полиметаллического месторождения должна вестись спланировано, эффективно и параллельно с работами по охране окружающей среды. В связи с этим возникает потребность во всестороннем изучении влияния проводимых горных работ на окружающую среду. Учитывая важность решаемой задачи и высокую цену ошибок, результаты мониторинга на всех этапах строительства рудника Фелизчайского полиметаллического месторождения должны контролироваться государственными надзорными органами. Критерием допустимости производственной деятельности является соблюдение предельных концентраций вредных веществ в почве, растениях, грунтовых водах и в воздухе.

Ключевая роль в решении экологической проблемы должна заключаться в охране и защите экологических систем. Существование и проживание человека зависит от состояния окружающей среды и наличия природных ресурсов. Защита и охрана качества окружающей среды является одной из глобальных задач всего человечества. Поэтому, прежде чем приступить к разработке месторождений, необходимо своевременно решить экологические проблемы.

Список литературы:

1. Асланов Г.П. Отчет о результатах проводимых в 2006-2009 гг. работ по оценке геоэкологической обстановки подгорной территории между Мазымчай-Катехчай и Ганыгчай. Информационно-архивный фонд по окружающей среде и природным ресурсам. Баку 2010 г.
2. Асланов Г.П., Гулиева Г.А., Абдуллаева А. Загрязнение тяжелыми металлами растений и пищевых продуктов растительного происхождения. Журнал «Земля и человек» №7, Баку, 2017 г.
3. Алексеенко В.А. Экологическая геохимия. Москва «Логос» 2000 г.
4. Новрузов Н.А., Асланов Г.П. Самедов А. Экология-геохимические исследования в Азербайджанской части южного склона Большого Кавказа. Материалы научно-практической конференции. Экологическая геология: научно-практические, медицинские и экономика правовые аспекты, Воронеж печать 2009 г.

**THE IMPACT OF EXPLORATION ON THE ENVIRONMENT
OF THE SOUTHERN SLOPE OF THE GREATER CAUCASUS
(FILIZCHAY POLYMETALLIC FIELD)**

G.A. Quliyeva

*Azerbaijan State Oil and Industry University, Baku, AZ1010, Azerbaijan,
e-mail: ico@asoiu.edu.az*

Abstract

Extraction of minerals with their further processing leads to negative changes in the environment in the regions with the mining industry. As a result, there is a gradual transformation of all elements of the landscape: soil, plants, groundwater. One of such regions is the Filizchay polymetallic field located on the southern slope of the Greater Caucasus.

In 2003-2009, work was carried out on the southern slope of the Greater Caucasus to assess the geoecological situation and it turned out that the average contents of various microelements in soils, groundwater and surface waters and plants of various landscape sub-zones, regions and areas, relatively rising higher, differ from the background, and sometimes they are many times larger than him. In this regard, there is a need for a comprehensive study of the impact of mining operations on the environment.

РАДИАЦИОННО-ХИМИЧЕСКИЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ ДЕГРАДИРОВАННЫХ НЕФТЕЙ

Н.К. Гулиева¹; С.Р. Гаджиева²; А.А. Самадова²

¹Институт Радиационных Проблем НАН Азербайджана,
Баку, AZ 1143, Азербайджан, e-mail: nigarguliyeva64@mail.ru

²Бакинский Государственный Университет

Находящиеся в составе пластовых вод радионуклиды природного происхождения при добыче нефти выбрасываются в окружающую среду. Воздействие излучения от этих радионуклидов на нефть за длительный срок приводит к образованию газов и изменению строения и состава нефти [1].

Исследования радиолиты нефти представляют интерес как для оценки роли радиации в деградации нефти в окружающей среде, так и для использования возможностей превращения значительной части деградированной нефти в газообразное топливо.

В работе приведены результаты исследования закономерностей структурных изменений нефти при радиационно-химическом разложении деградированной и свежедобытой нефтей Сураханского месторождения Азербайджана. В качестве источника ионизирующего излучения использован изотопный источник гамма-излучения ⁶⁰Со – «МРХ-γ-30». Исследования проводились в интервалах поглощенных доз гамма-излучения D= 0-110 кГр при мощности дозы P=0,21 Гр/сек на смолистых и масляных фракциях нефти.

В связи с возможностями разработки новых технологических процессов очистки водных поверхностей от нефтепродуктов с использованием энергии радиоактивного излучения исследовали влияние гамма-излучения на состав фракций нефти. На рис. 1-2 приведены хроматограммы облученных образцов нефти из скважины и с поверхности воды. Рассматривалось влияние гамма-излучения на масляные и смолистые фракции нефти при поглощенной дозе 92 кГр.

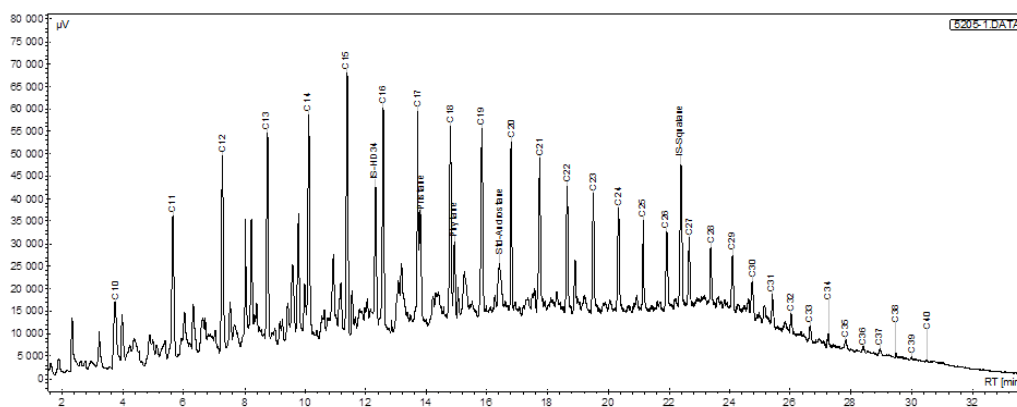


Рис. 1. Хроматограмма облученной смолистой фракции нефти из скважины (D = 92 кГр)

Ранее нами сопоставлены хроматограммы исходных и облученных образцов смолистых фракций из скважины, откуда видно, что наблюдается отсутствие особых изменений в концентрациях углеводородов нефти после облучения. Значительные изменения наблюдаются в концентрациях образцов смолистой фракции нефти, взятых с поверхности воды. Поскольку находящиеся на поверхности воды нефтяные углеводороды подвержены деградации, на хроматограммах это отчетливо дает знать. На приведенных хроматограммах облученных образцов смолистой фракции нефти с поверхности воды наблюдается значительное увеличение как низкомолекулярных легких, так и высокомолекулярных тяжелых углеводородов в составе нефти. Это

связано с особенностями строения смолистых соединений, и происходящими при облучении поликонденсационными процессами [2]. Возрастание концентраций в значительной степени наблюдается именно в образцах деградированной на поверхности воды нефти.

Воздействие гамма-облучения на структурно-групповой состав свежей и деградированной нефти изучено также ИК-спектроскопическим анализом (рис. 3-4).

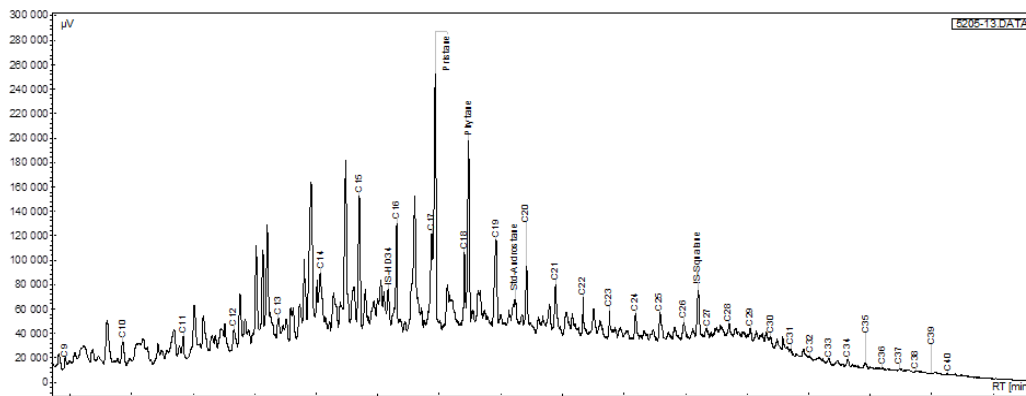


Рис. 2. Хроматограмма облученной смолистой фракции нефти с поверхности воды (D = 92 кГр)

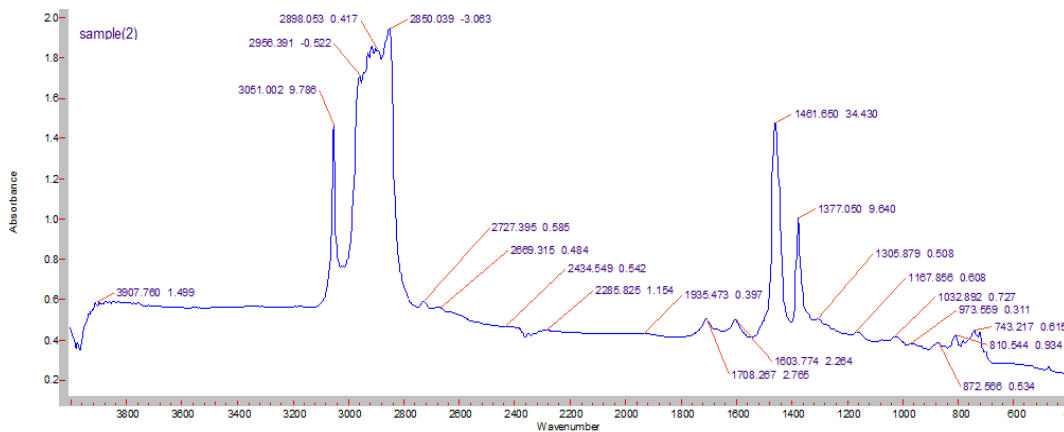


Рис. 3. ИК-спектр смолистой фракции исходной нефти, взятой с поверхности воды

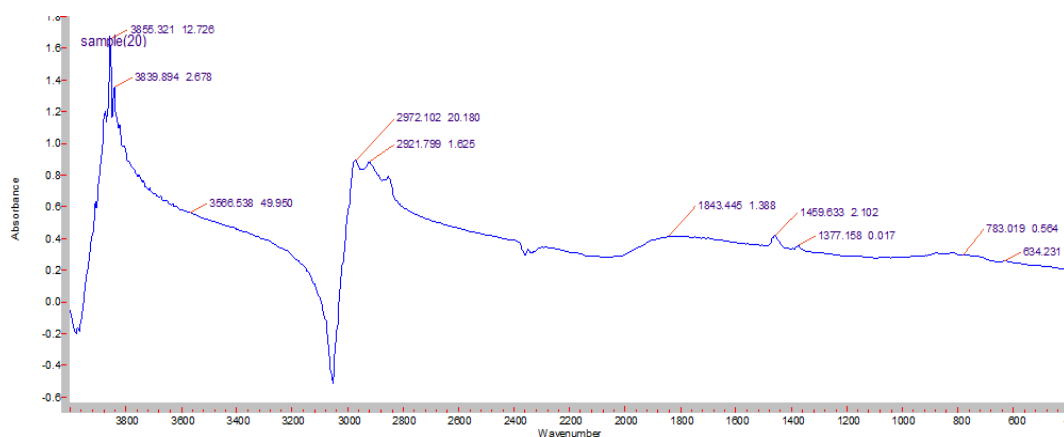


Рис. 4. ИК-спектр облученных образцов смолистой фракции нефти с поверхности воды (D = 110 кГр)

Анализ ИК-спектров исходных и деградированных образцов смолистых фракций нефти показал, что после длительного нахождения нефти на поверхности воды в результате деградации происходит процесс окисления смол (рис. 3). Об этом свидетельствует появление полосы при 1708 см^{-1} , относящейся к $\text{C}=\text{O}$ группам, и являющейся объективным критерием накопления кислородсодержащих продуктов. Наблюдаются интенсивные полосы поглощения при 3051 и 1603 см^{-1} , характерные для валентных

колебаний $C=C$ связи циклического или бензольного (ароматического) кольца, появляется полоса 1030 см^{-1} , соответствующая бензольным ароматическим структурам. Наблюдается наиболее сильное накопление ароматических колец – в 3-4 раза по сравнению с образцами из скважины – возрастание конденсированных ароматических колец. Сильно проявляются полосы поглощения при длинах волн $600 - 1000\text{ см}^{-1}$, соответствующих валентным и деформационным колебаниям – CH_2 - и CH_3 – групп, в области 1461 см^{-1} и 1377 см^{-1} – интенсивное увеличение указанных групп в разветвленных парафиновых и циклопарафиновых углеводородах. Наличие полос поглощения в области волновых чисел 2920 и 2860 см^{-1} обусловлено валентными колебаниями структурных групп $-CH_3$ и $-CH_2-$. Значительные изменения в структуре нефти наблюдаются на ИК- спектрах облученных образцов смолистых фракций нефти.

После 144 ч облучения (110 кГр) образцов данные полосы исчезают, что свидетельствует о деструктивных процессах. Изменения полос поглощения наблюдается также при 2920 и 2860 см^{-1} , соответствующих валентным колебаниям CH_3 , $-CH_2-$ групп, что связано с диссипацией радиационной энергии в функциональных группах. В то же время после облучения на ИК-спектрах исчезают полосы поглощения 1708 и 1603 см^{-1} , соответствующие $C=C$ связям ароматического кольца и $C=O$ карбонильным связям, что связано с конденсацией ароматических колец после облучения. В состав смолистых фракций, в отличие от масляных, входят углеводороды в виде конденсированных ароматических циклов с большим количеством боковых парафиновых цепей и наблюдаемые изменения в структуре связаны именно с этим.

Результаты изучения изменений структурно-группового состава масляных и смолистых фракций нефти, взятой из скважины и с водной поверхности, под воздействием гамма-излучения показали следующее – при гамма-радиолизе масляной и смолистой фракций свежей и деградированной нефти происходят сильные изменения в составе нефти. Деградированные нефти представляют собой сложную многофазную гетерогенную среду [3]. Содержащиеся в нефти сложные соединения подвергаются различным процессам – окислению, поликонденсации, деструкции. Изучение структурно-группового состава нефти, деградированной на водной поверхности, позволяет применение рациональных методов очистки воды от нефтепродуктов.

Эта работа выполнена при финансовой поддержке Фонда Развития Науки при Президенте Азербайджанской Республики – Грант № EIF-KTPL-2-2015-1(25)-56/23/4.

Список литературы:

1. Романюк С.С. Концентрация природных радионуклидов при нефтегазодобыче / Романюк С.С., Мигунов В.И. // АНРИ. – 2006. – № 3 (46). – С. 45 – 50.
2. Мустафаев И.И. Воздействие ионизирующего излучения на битуминозные нефти / Мустафаев И.И., Гулиева Н.Г., Алиева С.Ф., Рзаев Р.С. // Химические проблемы. – 2012. – № 3. – С. 345 – 351.
3. Петрова Л.М. Структурные особенности фракций асфальтенов и нефтяных смол / Петрова Л.М. // Нефтехимия. – 2011. – т. 51. – С. 262 –266.

RADIATION-CHEMICAL TRANSFORMATIONS OF THE DEGRADED PETROLEUMS

N.G. Guliyeva¹, S.R. Hajiyeva², A.A Samadova²

¹*Institute of Radiation Problems of the National Academy of Sciences of Azerbaijan, AZ 1143, Azerbaijan, e-mail: nigarguliyeva64@mail.ru*

²*Baku State University*

Abstract

Radiation-chemical transformations of degraded and freshly extracted oils from the Surakhani oil-deposit of the Azerbaijan are investigated. Under the influence of gamma radiation in the composition of oil established significant changes, depending on the degree of degradation of oil on the water surface.

УДК: 504.3, 541.15

РАДИАЦИОННО-СТИМУЛИРОВАННЫЕ ПРОЦЕССЫ ГАЗООБРАЗОВАНИЯ В ДЕГРАДИРОВАННЫХ НЕФТЯХ

Н.К. Гулиева¹; С.Р. Гаджиева²; А.А. Самадова²; Ф. Чичек¹

¹Институт Радиационных Проблем НАН Азербайджана,
Баку, AZ 1143, Азербайджан, e-mail: nigarguliyeva64@mail.ru

²Бакинский Государственный Университет

Нефть и нефтепродукты являются одним из основных видов загрязнения сточных вод. Источниками нефти и ее продуктов являются нефтедобывающие компании, доставка нефтепродуктов, места ее хранения, переработки и использования. В связи с этим исследования по очистке водных ресурсов от нефтяных загрязнений очень актуальны. Однако, вопросы деградации нефти в водной среде изучены недостаточно. Вместе с тем, степень деградации нефти значительно влияет на эффективность процессов очистки от нефтяных загрязнений. Эта задача представляет интерес также для сбора нефтепродуктов из окружающей среды. Масштабы распространения и эволюция поведения нефтяного загрязнения в водном бассейне зависят от состава нефти, скорости течения воды, силы ветра, температуры, солнечной и ионизирующей радиации и т.п. [1]. Нефть и продукты ее деградации создают серьезные экологические проблемы в окружающей среде, негативно воздействуют на экосистему в целом.

За последние 35-40 лет проводятся серьезные исследования по очистке водных ресурсов от нефтяных загрязнений [2].

Изучены закономерности образования H_2 , CO , CH_4 , C_2H_4 , C_2H_6 , UC_3 и UC_4 при воздействии гамма-излучения на масляные и смолистые фракции деградированной в водной среде нефти. Для сравнения изучены также закономерности газообразования из свежедобытой нефти. Облучение проводилось на источнике гамма-излучения ^{60}Co – «МРХ-г-30». Мощность поглощенной дозы определялась методом ферросульфатной дозиметрии и составляла $I=0.27$ Гр/с. Исследование проводилось в пределах поглощенной дозы $D=0-110$ кГр.

На рисунках 1-3 в качестве примера показана кинетика образования водорода, метана и этилена при радиационно-химических превращениях масляной и смолистой фракций свежей и деградированной нефтей. Из кинетики образования газов при радиоллизе образцов нефти в интервале поглощенной дозы до 110 кГр видно, что наиболее высокий выход водорода наблюдается в образцах нефти из скважины. Образцы нефти, взятые с поверхности воды, отличаются низкими выходами водорода, то есть обладают наибольшей радиационной стойкостью.

Эта закономерность объясняется структурными изменениями нефтей в процессе нахождения на водной поверхности, а именно увеличением в их составе стойких к радиации смол и асфальтенов. Особенно это наблюдается при радиоллизе смолистой фракции, что связано с низким содержанием функциональных групп и более высоким содержанием в составе смолистой фракции конденсированных ароматических соединений [3]. Подобные кривые имеются для газов C_1-C_5 , а CO образуется только в случаях деградированной нефти.

Были определены скорости образования и радиационно-химические выходы газов, образовавшихся в результате гамма-радиолиза масляной и смолистой фракций свежей и деградированной нефтей: H_2 , CO , CH_4 , C_2H_4 , C_2H_6 , $\sum C_3-C_5$ (таблица 1).

Из таблицы 1 следует, что радиационно-химические выходы всех газов из сырой нефти выше, чем из деградированной в водной среде нефти. Выход газов из масляной фракции выше, чем из смолы как для свежей, так и для деградированной нефти.

По мере утяжеления газов радиационно-химические выходы уменьшаются, что связано со сложной перегруппировкой углеводородных радикалов для образования тяжелых газов. Следует отметить, что в отличие от сырой нефти из деградированных нефтей образуется монооксид углерода, что связано с наличием кислородсодержащих функциональных групп в составе деградированных нефтей.

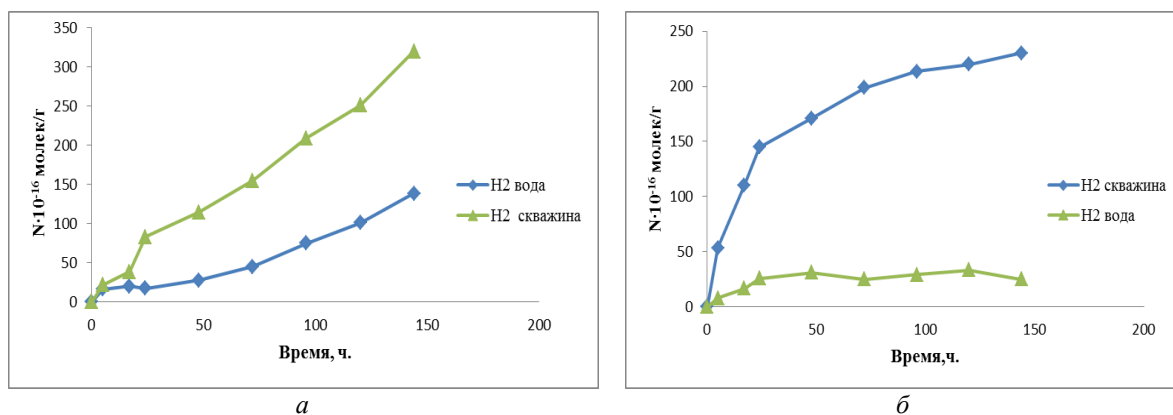


Рис. 1. Кинетика образования водорода при радиоллизе масляной (а) и смолистой (б) фракции свежей и деградированной нефти

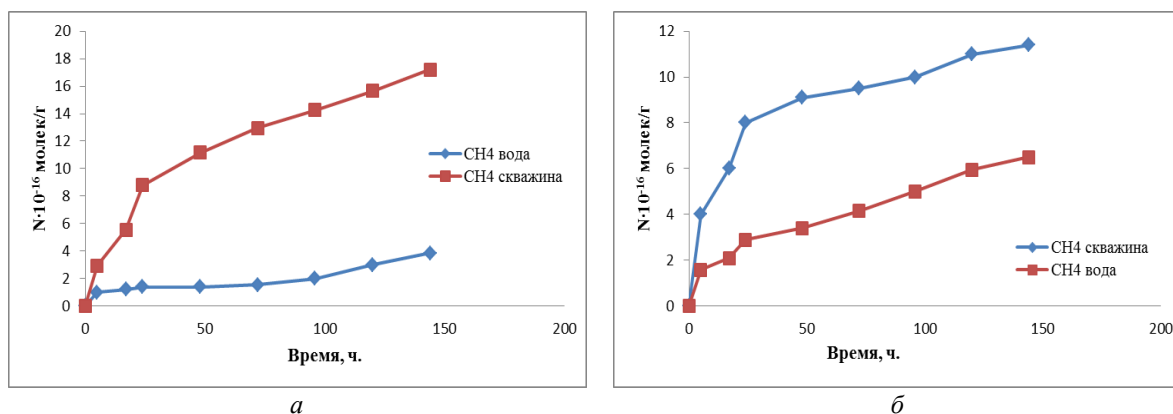


Рис. 2. Кинетика образования метана при радиоллизе масляной (а) и смолистой (б) фракции свежей и деградированной нефти

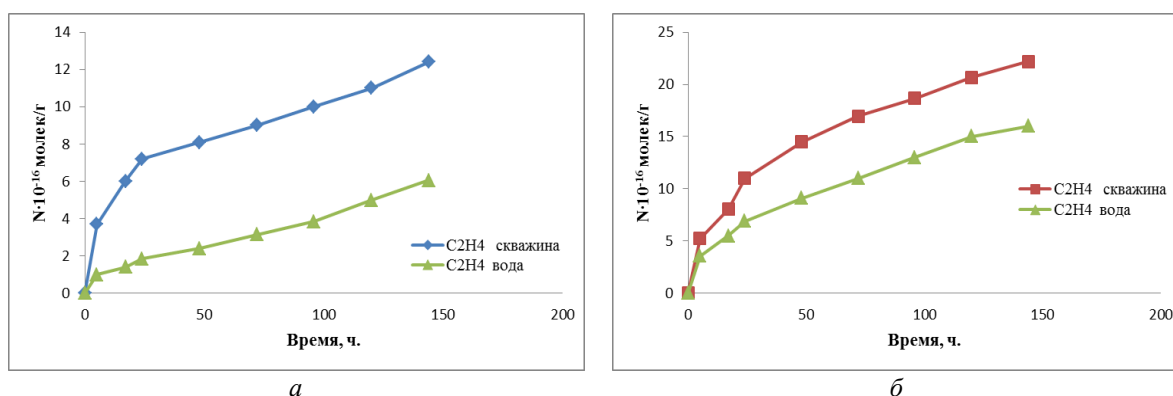


Рис. 3. Кинетика образования этилена при радиоллизе масляной (а) и смолистой (б) фракции свежей и деградированной нефти

Судя по кинетическим кривым образования газов C_2-C_5 , при дозах выше 40 кГр наблюдается тенденция насыщения. Состояние насыщения может быть связано с двумя причинами: протеканием обратных радиационно-химических реакций расходования газовых продуктов и ограниченностью ресурсов этих газов в исходном компоненте. Исследования показывают, что в реакционной зоне при дозах 40-60 кГр концентрация этих газов не превышает 10^{17} молек/мл, поэтому протекание обратных

радиационно-химических реакций маловероятно. По-видимому, состояние насыщения на кинетических кривых образования относительно тяжелых газов связано с ограниченностью ресурсов CH_3 , C_2H_5 и других радикалов. Поэтому с увеличением молекулярной массы газов их радиационно-химические выходы уменьшаются. По этой причине выходы газов в сырой нефти выше, чем в деградированной, а также выходы газов в масляной фракции больше, чем в смолистой. Естественно, здесь нельзя пренебречь ролью радиационно-стимулированной поликонденсации в повышении радиационной стойкости сырой и деградированной нефти. В ходе облучения выделение функциональных групп и образование сетчатой структуры в органической массе приводит к повышению радиационной стойкости, и скорость образования газов уменьшается.

Таблица 1

Средние значения радиационно-химических выходов газов (молек/100 эВ)

Фракции	H_2	CO	CH_4	C_2H_4	C_2H_6	УС_3	УС_4	УС_5
Масл. фракция свежей нефти	0,57		0,06	0,08	0,10	0,05	0,02	0,016
Масл. фракция. деградир. нефти	0,240	0,056	0,018	0,050	0,080	0,022	0,014	0,011
Смол. фракция. свежей нефти	0,48		0,036	0,05	0,045	0,01	0,01	0,011
Смол. фракция деградир. нефти	0,14	0,043	0,012	0,015	0,26	0,01	0,008	0,0095

Эта работа выполнена при финансовой поддержке Фонда Развития Науки при Президенте Азербайджанской Республики – Грант № EIF-KTPL-2-2015-1(25)-56/23/4.

Список литературы:

1. Питерс А. Разливы нефти и окружающая среда // Экология. – 2006. – № 4. – С. 16 – 33.
2. Мир-Бабаев М.Ф. Охрана окружающей среды Каспийского моря // Азербайджанское нефтяное хозяйство. – 2010. – № 10. – С. 77 – 79.
3. Guliyeva N.G. Radiation Resistance of Tar Fractions of Bituminous Oil / Guliyeva N.G., Mustafayev I.I, Mamedova S.M., Aliyeva S.F. // J. Chemistry and Chemical Engineering. – 2015. – 9. – P. 357 – 362.

**RADIATION-STIMULATED GAS FORMATION PROCESSES
IN DEGRADED OILS**

N.G. Guliyeva¹, S.R. Hajiyeva², A.A Samadova², F. Chichek¹

¹*Institute of Radiation Problems of the National Academy of Sciences of Azerbaijan,
AZ 1143, Azerbaijan, e-mail: nigarguliyeva64@mail.ru*

²*Baku State University*

Abstract

Regularities of radiation-chemical transformations of heavy fractions of oil from the basin surface are studied. Radiation-chemical yields of gases received at radiolysis of fresh and degraded oils are established. Yields of gases in crude oil are higher than in degraded ones, and gas yields in the oil fraction are higher than in tar ones. The efficiency of the applied water purification technology depends on the knowledge of the properties of degraded oil.

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ РАДИАЦИОННОЙ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

В.Н. Гульбин

*АО «Инженерно-маркетинговый центр концерна «Вега»,
г. Москва, 125190, Россия, e-mail: vngulbin@mail.ru*

Введение. Данная работа посвящена созданию новых средств и материалов для защиты человека от невидимых источников опасности - электромагнитных и ионизирующих излучений. Приведены результаты разработки радио- и радиационно-защитных композитов, наполненных поглотителями электромагнитных излучений (углеродные компоненты), нейтронного излучения (борсодержащие материалы) и гамма излучений (тяжелые металлы и вольфрам-содержащие материалы), и исследования этих композитов, позволяющих повышать безопасность человека от различных источников опасности, создающих радиационные и электромагнитные излучения (ускорители заряженных частиц и термоядерные электростанции, аппаратура нового поколения медицинской техники, использующая линейные СВЧ-ускорители электронов, АЭС и др.), а также для защиты радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) в самолето- и ракетостроении. Радиозащитные материалы (РЗМ) позволяют снизить уровень электромагнитного поля (ЭМП) в мегаполисе, в гражданском и промышленном строении или сооружении до уровней, соответствующих санитарным нормам, и предлагаются к использованию в первую очередь при строительстве, ремонте и реконструкции лечебных, детских и образовательных учреждений, а также при проектировании жилых гражданских зданий и в военных городках. С учётом возрастающего применения полимерных и алюминиевых материалов в различных областях техники, в частности, в аэрокосмической, представляется перспективной разработка нового класса облегченных радиационно-защитных композиционных материалов, наполненных поглотителями радиационных излучений (РИ) в зависимости от их вида (γ - и нейтроно-поглощающие материалы и др.).

1. Радиозащитные композиционные материалы.

Неотложность комплексного решения проблемы защиты городской среды обитания человека, его жилища и, в первую очередь, детей и людей со слабым здоровьем, от биологического действия ЭМП диктуется непрерывно растущим электромагнитным фоном, резким увеличением числа теле- и радиостанций, ростом мобильной связи, широким внедрением радиоэлектронных устройств и СВЧ-излучающих приборов и технологий в промышленности и в бытовых условиях, использованием ускорительных установок в медицине и промышленности и т.д. Больше всего «фонят» СВЧ-печки, мобильные телефоны, персональные компьютеры, радиосвязные, радионавигационные и радиолокационные устройства. Наиболее чувствительна к воздействию ЭМИ нервная система человека. Известные ученые полагают [1], что ЭМП может приводить к развитию онкологии и дети являются особо уязвимой частью населения при воздействии ЭМИ. Кроме того, в 2011 г. Международное агентство по исследованию рака (IARC) приняло решение о том, что ЭМП сотовых телефонов является промотором рака мозга. Термин "глобальное электромагнитное загрязнение окружающей среды" в 1995 году официально введен ВОЗ, включившей эту проблему в перечень приоритетных для человечества.

С целью коллективной защиты от электромагнитных полей радиочастотных и СВЧ-диапазонов в местах обитания человека - помещения медицинских, детских, школьных и др. учреждений, разработаны и исследованы радиопоглощающие наполнители и покрытия на основе ультрадисперсного углерода, высокодисперсного

графита, углеродных волокон и нанотрубок, терморасширенного графита, которые позволяют снизить уровень ЭМП в строении до уровня допустимых (нормируемых) значений [2]. Пористые или вспененные стройматериалы (вспененное стекло, пенокомпозит, вспененный гипс и ячеистый бетон) также являются наилучшими поглотителями ЭМП. В качестве эффективного радиопоглощающего покрытия предлагается углеродсодержащая композиция УСК-Р, предназначенная для нанесения покрытий на поверхности различных строительных и конструкционных материалов и на поглотители электромагнитных волн, используемых при определении электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств. УСК-Р придает радиопоглощающие и радиозащитные свойства всем материалам, в том числе пористым тепло- и звукоизоляционным материалам, и заполнителям, в которых используется как покрытие или наполнитель. Разработанные радиозащитные композиционные материалы являются экологически безопасными и позволяют человеку избавиться от электромагнитного загрязнения в среде его обитания.

Для снижения уровня ЭМП до нормируемых значений [2] в среде обитания человека разработаны и опробованы радиозащитные конструкционные и строительные материалы, наполнители и покрытия [3,4]: радиозащитное пеностекло; радиозащитный бетон и пенобетон; наполнители радиопоглощающие на основе пеностекляных или полистирольных гранул с использованием радиопоглощающей бумаги или углеродного волокна, а также радиозащитный пенокомпозит. Радиозащитные материалы наиболее эффективны при выделении части пространства в жилых домах, лечебных, детских и образовательных учреждениях для обеспечения в них условий, отличных от окружающей среды и безопасных для длительного проживания и нахождения в них человека. Удельное ослабление ЭМП образцами полученных радиозащитных материалов в СВЧ диапазоне составляет не менее 6 дБ на 1 см толщины. Преимущества разработанных материалов и наполнителей – широкий спектр применения, простая технология производства, не требующая значительных трудо- и энергозатрат. Это - легкие, тепло- и звукоизоляционные материалы, обладающие высокой негорючестью, достаточной прочностью и атмосферостойкостью.

Кроме того, получены и исследованы радиозащитные полимерные композиты, наполненные углеродными нанотрубками. Предлагаемый композит из поликарбоната при плотности 1,20 г/см³ имеет прочность на растяжение в пределах 68-72 МПа, что не ниже прочности исходного поликарбоната, и относительное удлинение 8-10 %, при этом поглощение ЭМП достигает 25-30 дБ при толщине пластины 3,5 мм, т.е. происходит снижение уровня ЭМП в 800-1000 раз.

2. Радиационно-защитные композиционные материалы.

Пользуясь авиатранспортом и поднимаясь на высоту около 10 километров, человек теряет экранирующую защиту земной атмосферы, что приводит к существенно-му росту дополнительного облучения. При перелете пассажир обычного турбореактивного самолета получает дозу радиоактивного облучения около 50 мкЗв, а пассажир сверхзвукового самолета – на 20% меньше, хотя подвергается более интенсивному облучению [5]. Это объясняется тем, что во втором случае перелет занимает гораздо меньше времени. Всего за счет использования воздушного транспорта человечество получает в год коллективную эффективную эквивалентную дозу около 2000 чел-Зв [6]. Уровень радиации в салоне самолета на высоте 10 000 метров превышает естественный фон на земле в 10 раз. Экипажи реактивных лайнеров, совершающие частые перелеты через Атлантику или через континент, могут регулярно накапливать дозу облучения свыше 5 мЗв в год, т. е. максимально допустимую для обычного населения в соответствии с Нормами радиационной безопасности НРБ-99/2009 (такая норма принята и для стран Западной Европы). Исходя из выше приведенного, летный персонал следует отнести к работникам, связанным с радиацией. Дозы, получаемые ими, в среднем выше тех, которым подвержено подавляющее

большинство работников других профессий, включая работников больниц и предприятий ядерной энергетики, хотя и ниже высоких уровней, с которыми сталкиваются, например техники, перезаряжающие реактор, или операторы заводов по переработке ядерного топлива.

В данной работе исследовали алюмоматричные и полимерные композиты, предназначенные для снижения дозовых нагрузок на электронные компоненты путем ослабления вторичных гамма и нейтронных излучений в аэрокосмической аппаратуре.

2.1. Радиационно-защитные полимерные композиты. Для получения радиационно-защитных полимерных композитов (РПК) использовали сверхвысокомолекулярный полиэтилен (СВМПЭ), нановольфрам W_n , промышленный карбид бора B_4C и вольфрамсодержащие соединения. При изготовлении полимерных композитов исходные радиационно-защитные наполнители предварительно измельчали до высокодисперсного состояния и смешивали с полимерной матрицей в планетарной шаровой мельнице в режиме помол-охлаждение. В результате были получены композиты различных составов [7-9]. Объемные образцы из РПК спрессовывали на термопрессе с использованием специальные прессформ, позволяющих изготавливать образцы необходимой формы и размеров для испытаний на радиационно-защитные (дисковые образцы диаметром 50 мм и толщиной 1, 2 и 3 мм) и механические (разрывные образцы в соответствии с ГОСТ 11262-80 толщиной 3 мм) свойства.

Результаты механических испытаний свидетельствуют о том, что при увеличении количества радиационно-поглощающего наполнителя в РПК наблюдаются увеличение модуля Юнга, предела прочности и предела текучести, однако относительное удлинение довольно сильно падает (в 4 раза), при этом оставаясь достаточно высоким.

При испытаниях образцов из РПК на ДМА-анализаторе в режиме трехточечного изгиба (нагрев до 120 °С, скорость нагрева 5 °С/мин, нагрузка при изгибе 1Н, частоты колебаний образцов – 1,3 и 10 Гц) установлено, что модуль упругости на изгиб уменьшается с увеличением температуры нагрева с 8 ГПа при комнатной температуре до 3 ГПа при температуре 120 °С. При охлаждении образца модуль упругости не восстанавливает свои прежние значения, а становится выше при достижении комнатной температуры примерно на 10%. При повторном нагреве такие изменения уже не происходят и образец повторяет свои значения модуля упругости на изгиб, достигнутые в ходе первого нагревания.

Калориметрия образцов из РПК показала, что никаких превращений в данном композите не происходит на всем интервале температур, вплоть до температуры плавления, что позволяет исключить какую-либо реакцию между компонентами РПК.

В результате экспериментального исследования радиационно-защитных свойств образцов из РПК, проведенного измерением коэффициентов ослабления потока моноэнергетического гамма-излучения изотопа ^{57}Co с энергией 122 кэВ, установлено, что с увеличением концентрации радиационно-поглощающего наполнителя в РПК коэффициент ослабления потока гамма-излучения возрастает до 1,43.

2.2. Радиационно-защитные алюмоматричные композиты. Объемно наполненные образцы из радиационно-защитных алюмоматричных композитов (АМК) изготавливали из алюминиевых сплавов В95 и АМг6. Для поглощения нейтронов АМК наполняли борсодержащими порошками, а порошки из нановольфрама или вольфрамсодержащих материалов использовали в качестве гамма-защитного материала. Физико-механические испытания образцов из АМК, проведенные на ДМА-анализаторе, показали, что при нагреве плоских образцов из В95+ B_4C +W и АМг6+BN+W до температуры 350 °С происходит снижение модуля упругости на 10-30 % по сравнению с начальным значением, а при охлаждении до

комнатной температуры модуль упругости в образце из B95+B₄C+W увеличивается на 15 %, а в образце из AMg6+BN+W возрастает на 40-45 %. По результатам радиационных испытаний образцов из АМК, проведенных путем гамма- и нейтронного облучения, можно сделать однозначный вывод о том, что с введением B₄C или BN в алюминиевую матрицу радиационно-защитных АМК происходит увеличение коэффициента поглощения нейтронного излучения K_n в 2-3 раза, а с введением вольфрама выявлено увеличение коэффициента ослабления гамма-излучения в среднем на 15-40 %. Кроме того, измерения K_n показали [10], что при использовании наноразмерного B₄C при концентрации от 25 % масс. в АМК происходит практически полное поглощение тепловых нейтронов и поглощение почти половины медленных нейтронов.

Одним из важных требований к разработанным АМК является сохранение высокой теплопроводности, поскольку при эксплуатации композитов в РЭА необходим хороший теплоотвод. Поэтому из исследуемых АМК изготавливали дисковые образцы и измеряли теплопроводность при комнатной температуре. Результаты измерений показали, что на кривой, характеризующей теплопроводность АМК в зависимости от содержания в нем B₄C, теплопроводность образца уменьшается с увеличением объемной доли B₄C и хорошо совпадает с теоретической кривой.

3. Радио- и радиационно-защитные композиционные материалы

С целью исследования комбинированных радио- и радиационно-защитных композиционных материалов были изготовлены экспериментальные образцы на полимерной основе (СВМПЭ) с одновременным использованием различных наполнителей: радиопоглощающие (углеродные компоненты) и радиационно-защитные (поглотители гамма- и нейтронного излучений). Эти образцы испытывали на радио- и радиационно-поглощающие свойства.

При измерениях коэффициента стоячей волны по напряжению (КСВН) и коэффициентов ослабления и отражения ЭМИ в диапазоне частот от 3,94 до 5,64 ГГц выявлено, что с увеличением содержания углерода повышается коэффициент ослабления ЭМИ, но при этом снижается коэффициент его отражения. Это является важным свойством при использовании данных композитов как радиопоглощающих материалов.

Радиационные испытания, проведенные в НИЦ «Курчатовский институт», показали [11], что изменения коэффициента ослабления потока гамма-излучения на низких энергиях (E_γ=121 кэВ) значительно возрастает. При радиационных испытаниях с использованием пучка тепловых нейтронов, максимально очищенного от примеси быстрых нейтронов и сопутствующего гамма-излучения, установлено, что с увеличением содержания борсодержащих наполнителей коэффициент поглощения тепловых нейтронов значительно повышается и достигает 25-кратного значения. При этом в наибольшей степени поглощение нейтронов происходит наполнителями из B₄C и BN.

Список литературы:

1. Григорьев Ю.Г. Мобильная связь и электромагнитная опасность для населения – современная оценка риска и прогноз на ближайшую перспективу. Радиационная биология. Радиоэкология, 2018, т. 58, № 5. С. 548–549.
2. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.1.2.2801-10. Изменения и дополнения №1 К САНПИН 2.1.2.2645-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям проживания в жилых зданиях и помещениях» от 27 декабря 2010 г.
3. В.Н. Гульбин, В.А. Михеев, Н.С. Колпаков и др. Материалы для защиты среды обитания человека от влияния электромагнитных излучений. Технологии электромагнитной совместимости. 2013, №2(45). С.18-25.

4. В.Н. Гульбин, В.Ф. Коровяков, Н.С. Колпаков и др. Строительные материалы для защиты объектов от воздействия электромагнитных излучений. Промышленное и гражданское строительство. №5, 2014. С.7-13.
5. Банников Ю.А. Радиация. Дозы, эффекты, риск: Пер. с англ. - М.: Мир, 1990. - 79 с.
6. Новый справочник химика и технолога. Радиоактивные вещества. Вредные вещества. Гигиенические нормативы. С.-Пб.: АНО НПО «Профессионал», 2004. - 1142 с.
7. В.Н. Гульбин, Н.С. Колпаков, В.В. Чердынцев. К вопросу о снижении воздействия ионизирующих и электромагнитных излучений на электронные компоненты при использовании радио- и радиационно-защитных композитов. Вопросы атомной науки и техники. Серия: Физика радиационного воздействия на радиоэлектронную аппаратуру. Научно-технический сборник. Выпуск 4, 2016. С.10-16.
8. В.Н. Гульбин, Н.С. Колпаков и др. Разработка и исследование радио- и радиационно-защитных композиционных материалов. Научные технологии, №5, 2015. С.16-24.
9. В.Н. Гульбин, В.А. Михеев, Н.С. Колпаков и др. Разработка радио- и радиационно-защитных материалов для авиационной техники. Сборник докладов IX международной научной конференции по гидроавиации «Гидроавиасалон», сентябрь 7-8, 2012, часть II. С.108-117.
10. Гульбин В.Н., Колпаков Н.С. Облегченные радиационно-защитные композиты. Научные технологии. 2014. Т. 15, № 3. С. 4-16.
11. В.Н. Гульбин, Н.С. Колпаков, В.В. Горкавенко и др. Исследование структуры и свойств радио- и радиационно-защитных полимерных нанокompозитов. Электромагнитные волны и электронные системы. №1, 2018. С.4-11.

COMPOSITES FOR RADIATION AND ELECTROMAGNETIC SAFETY

V.N. Gulbin

*JSC «Engineering and Marketing Center of Corporation Vega»,
Moscow, 125190, Russia, e-mail: vngulbin@mail.ru*

Abstract

Radio and radiation-protective composite materials filled with electromagnetic, neutron and gamma radiation absorbers with metal (aluminum alloys) and polymer matrices have been developed. Studies of the developed composites, which make it possible to increase human safety from invisible sources of danger - electromagnetic and radiation, have shown the effectiveness of human protection in its environment. The collective protection of a person from electromagnetic fields of radio frequency and microwave ranges is possible with the use of carbon-containing radioprotective structural and building materials, fillers and coatings. To reduce dose loads by attenuating gamma and neutron radiation affecting electronic components and personnel, alumomatrix and polymer composites are most effective, filled with radiation-absorbing fillers W, BN, B₄C. Given the increasing use of polymeric and aluminum materials in various fields of technology, in particular, in aerospace, it seems promising to develop a new class of lightweight composite materials filled with absorbers of radiation.

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ
ЭНЕРГОСИСТЕМЫ РЕСПУБЛИКИ КРЫМ И Г. СЕВАСТОПОЛЯ
ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ ВИЭ**

В.В. Гурьев¹; Б.А. Якимович²; В.В. Кувшинов³; Р.Г. Калиев⁴; Е.Г. Какушина⁵
*ФГБОУ ВО «Севастопольский государственный университет» Институт
ядерной энергии и промышленности, г. Севастополь, 299015, Россия,
e-mail: ¹guryevvv@tavrida.so-ups.ru, ²yakimovich52@gmail.com,
³kuvshinov.vladimir@gmail.com, ⁴kalievrg@tavrida.so-ups.ru, ⁵littie@mail.ru*

Истощение ископаемых энергетических ресурсов заставляет человечество развивать альтернативные источники энергии. Основными преимуществами возобновляемых источников энергии являются неисчерпаемость и экологическая безопасность. Республика Крым и г. Севастополь являются флагманами развития возобновляемой энергетики, поскольку являются не только активно развивающимися регионами, но и центром отдыха многих людей. Произведен обзор региональных аспектов развития и использования возобновляемых источников энергии. В результате исследования представляется актуальный анализ проблем и перспектив инвестирования регионального развития основных направлений в энергетики Крыма как региона с относительно большим инвестиционным потенциалом. Влияние вырабатываемой мощности солнечных электростанций на режимы работы энергосистемы. Усовершенствование методов управления и оптимизации выработки генерирующей мощности возобновляемых источников электроэнергии.

Введение. Структура энергосистемы Республики Крым и г. Севастополя отличается следующими особенностями: наличием большого процентного соотношения возобновляемых источников энергии (далее - ВИЭ) порядка 32% от общей установленной мощности генерации энергосистемы и наличия зависимости от перетока электроэнергии по энергомоу, который связывает Энергосистему Республики Крым и г. Севастополя с ЕЭС России.

Данное исследование является обзором региональных аспектов развития и использования ВИЭ. В рамках темы исследования представляется интересным анализ проблем и перспектив развития возобновляемой энергетики Крымского полуострова как региона с относительно большим инвестиционным потенциалом.

Следует отметить, что при увеличении соотношения ВИЭ от общей установленной мощности генерации энергосистемы возникают существенные вызовы для энергосистемы в плане интеграции нестабильных возобновляемых источников энергии. Их влияние ощущается как на уровне системы в целом, так и на практике работы других «традиционных» электростанций. Здесь на первое место выходит устойчивость энергосистемы – её способность реагировать на неопределенность и изменчивость баланса спроса и предложения. Проведение статистических анализов и выбор методик по оптимизации режимов работы ВИЭ в энергосистеме значительно повысит надежность работы энергосистемы.

Результаты исследования и оценка потенциала выработки ВИЭ в энергосистеме Республики Крым и г. Севастополя. Бесперебойное обеспечение электроэнергией территории Крыма является стратегически важной задачей развития региона. С фактическим присоединением Крыма к России снизилась надёжность систем электроснабжения из-за энергетической зависимости Крыма от Украины. Для покрытия дефицита потребления электроэнергии в Энергосистеме Республики Крым и г. Севастополя на полуострове введены новые генерирующие мощности, в частности

Таврическая и Балаклавская ТЭС с установленной проектной мощностью по 470 МВт каждая.

В настоящее время производителей электрической энергии региона можно разбить на следующие основные группы:

- ТЭЦ – тепловые электроцентралы;
- МГТЭС – мобильные газотурбинные электрические станции;
- ВИЭ – возобновляемые источники электроэнергии, в т.ч. СЭС (солнечные электростанции) и ВЭС (ветровые электростанции);
- ЭНЕРГОМОСТ (кабельно-воздушные линии (далее – КВЛ) электропередач и подстанции, построенные для подключения энергосистемы Крыма к ЕЭС России (ОЭС Юга)).

При этом суммарная мощность тепловых электростанций составляет 1246,3 МВт, мобильных газотурбинных электрических станций – 396,1 МВт, возобновляемых источников электроэнергии – 388 МВт из них СЭС – 300 МВт и ВЭС 88 МВт.

Необходимо заметить, что в летний период вырабатываемая мощность ВИЭ, при неблагоприятных природных условиях, снижается почти на 90% от своей максимальной нагрузки в течение часа, в то время как существенная часть генерирующих мощностей тепловых электростанций находится в плановых ремонтах. Предотвратить данную ситуацию и оптимизировать режимы работы энергосистемы позволит правильное определение объема вырабатываемой мощности ВИЭ так же это позволит добиться наиболее оптимальной загрузки электростанций на традиционном виде топлива.

В России каждый год вводятся новые СЭС, так, например, в 2021 году в Крыму должны открыть новую солнечную электростанцию в посёлке Владиславовка в Кировском районе мощностью 110 МВт. Именно на данном этапе развития вызовы носят «высокотехнологический» и «менее интуитивный» характер, где требуется еще большая гибкость системы, её способность к самовосстановлению после резких и объемных колебаний выработки

Проведенный анализ потенциала возобновляемых источников энергии крымского региона свидетельствуют о возможностях и целесообразности более широкого их использования на местах с целью экономии тепла и топлива на существующих традиционных источниках тепла.

Экономически целесообразный достижимый потенциал остальных ВИЭ в Крыму оценивается, тыс. МВт•час/год:

- солнечная энергия – 270;
- мелкомасштабные источники гидроэлектроэнергии – 63;
- биомасса – 734,14;
- геотермальная энергия – 207,36;
- излишек биогаза – 29;
- низкопотенциальная тепловая энергии сточных вод – 477;
- низкопотенциальная тепловая энергии грунтов и грунтовых вод – 206.

Всего данные источники энергии потенциально могут обеспечивать $1986,5 \cdot 10^3$ МВт•час/год – 1986,5 ГВт•час/год ≈ 2 ТВт•час/год.

Из всех видов, возобновляемых нетрадиционных экологически чистых источников энергии наибольшим энергетическим потенциалом в Крыму обладает солнечная радиация. Годовое поступление солнечного излучения составляет 5223 Дж/м².

Пути решения минимизации влияния ВИЭ на режимы работы энергосистемы. Поставленная задача по оптимизации режимов работы энергосистемы Республики Крым и г. Севастополя с целью снижения затрат на производство и передачу электроэнергии с учетом повышения надежности энергоснабжения и повышения экологического состояния региона. Исходные данные в задаче являются динамическими величинами, что позволяет получать решение (требуемая мощность различ-

ных производителей электроэнергии) в различные периоды времени в зависимости от нужд потребителей. При исследованиях было отмечено, что в период межсезонья (весенне-осенний период) мощность ВИЭ выдаваемая в сеть составляет в среднем 20-30 МВт из-за переменчивого влияния метеофакторов. В период экстремально высоких температур (далее - ПЭВТ) (летний период) мощность ВИЭ достигает до 200 МВт в основном за счет солнечных электростанций (далее – СЭС). В осенне-зимний период (далее - ОЗП) колебания мощности ВИЭ находится в пределах от 20 до 230 МВт.

В период межсезонья, когда нагрузка потребителей сильно зависит от генерирующей мощности ВИЭ, очень высока вероятность отключения некоторых потребителей.

В ПЭВТ не наблюдались случаи отключения нагрузки потребителей, при этом в сложившихся условиях в энергосистеме появляется запас по резервным источникам энергоснабжения (РИСЭ) порядка 35 МВт.

В ОЗП в заданных условиях в энергосистеме появляется не только резерв РИСЭ 60 МВт, но и порядка 50 МВт резерва дорогостоящих Мобильных ГТЭС, тем самым не только повышается надежность энергосистемы, но и КПД электростанций.

Выполненные исследования позволили установить зависимость работы энергосистемы от переменчивой генерации ВИЭ, тем самым показав влияние метеофакторов на режимы работы энергосистемы.

Возможно несколько путей дальнейшего развития энергосистемы:

1. Дальнейшее строительство базовой генерации.
2. Организация перетоков с двумя и более энергосистемами.
3. Оптимизация режимов работы энергосистемы путем усовершенствования режимов работы ВИЭ.

Строительство базовой генерации с использованием основного топлива – природный газ на данный момент является решением данной проблемы. При этом достоинством является повышение КПД энергосистемы, позволяет оперативно регулировать частоту (участвует в ОПРЧ) и покрывать возникший дефицит в энергосистеме, минимизирует влияние существующей выработке мощности ВИЭ на энергосистему.

Наличие перетоков с 2-мя и более энергосистемами в данный момент времени и ближайшую перспективу невозможно в силу не только географического расположения полуострова, но и сложившейся политической обстановкой.

Несмотря на то, что ВИЭ работают на розничном рынке и с учетом новых реалий, их влияние на режим работы энергосистемы минимизирован, развитие ВЭИ не стоит на месте и в ближайшем будущем, с вводом новых мощностей снова возрастет влияние ВИЭ на режимы работы энергосистемы. В связи с этим проблема повышения эффективности прогнозирования выработки ВИЭ влияющей на режим работы энергосистемы является крайне актуальной.

Выводы. Истощение ископаемых энергетических ресурсов заставляет человечество развивать альтернативные источники энергии. Основными преимуществами возобновляемых источников энергии являются неисчерпаемость и экологическая безопасность. Республика Крым и г. Севастополь являются флагманами развития возобновляемой энергетики, поскольку являются не только активно развивающимися регионами, но и центром отдыха многих людей. Произведен обзор региональных аспектов развития и использования возобновляемых источников энергии. В результате исследования представляется актуальный анализ проблем и перспектив инвестирования регионального развития основных направлений в энергетики Крыма как региона с относительно большим инвестиционным потенциалом. Основным аспектом развития в энергетики Крыма заложена, в первую очередь, экологическая безопасность региона наряду с инвестиционной привлекательностью и активным ро-

стом населения в регионе уклон делается на возобновляемую энергетику. При этом эксперты мирового уровня небезосновательно утверждают, что с помощью возобновляемых источников энергии (ветра, солнца, воды) можно бороться с ростом цен на традиционные энергоносители, такие как нефть и газ.

Усовершенствование методов прогнозирования генерируемой мощности солнечных электростанций позволит более точно прогнозировать энергетический режим на сутки вперед в целом по энергосистеме Республики Крым и города Севастополя, что приведет к более эффективному использованию мощности тепловых электростанций.

Выявлена актуальность и востребованность создания оптимальной модели, решающей задачу эффективного и надежного управления энергосистемой Республики Крым и г. Севастополя с учетом изменения вырабатываемой мощности ВИЭ.

Список литературы:

1. Кожевников Н.Н. Экономика и управление энергетическими предприятиями. – Москва: Изд-во Академия, 2004 – 432с.
2. Тененев В.А. Генетические алгоритмы в моделировании систем / В.А. Тененев, Б.А. З. Якимович. – Ижевск: Изд-во ИжГТУ, 2010. - 308с.
3. Массон Г., Орланди С., Рекингер М. Обзор мирового рынка солнечной энергетики. Мюнхен, 2014.
4. Перминов Э.М. Энергетика республики Крым – состояние и проблемы развития. Новая возобновляемая энергетика – выбор Крыма. Журнал "Энергетик" №5 2014. С. 7-10.
5. Янов А.В. Текущее состояние дел по выполнению планов создания Черноморского РДУ ОАО СО «ЕЭС» 16.09.2015.<http://so-ups.ru>
6. Тененев В.А., Структурно-параметрическая оптимизация и управление: монография/ В.А. Тененев, А.С. Шаура, Б.А. Якимович. – Ижевск: Изд-во ИжГТУ имени М.Т. Калашникова, 2014. - 236с.

ENSURING THE RELIABLE OPERATION OF THE ENERGY SYSTEM OF THE REPUBLIC OF THE CRIMEA AND THE CITY OF SEVASTOPOL UNDER VARIOUS REVERSE EFFECTS RENEWABLE SOURCE ELECTRICITY

V.V. Guryev¹, B.A. Yakimovich², V.V. Kuvshinov², R.G. Kaliev⁴, E.G. Kakushina⁵

Sevastopol State University Institute of Nuclear Energy and Industry,

Sevastopol, 299015, Russia,

e-mail: ¹guryevvv@tavrida.so-ups.ru, ²yakimovich52@gmail.com,

³kuvshinov.vladimir@gmail.com, ⁴kalievr@gmail.com, ⁵little@mail.ru

Abstract

The depletion of fossil energy resources makes humanity develop alternative ones. The main advantages of renewable energy sources are inexhaustibility and environmental safety. The Republic of Crimea and Sevastopol are the flagships of renewable energy development, as they are not only actively developing regions, but also a recreation centers for many people. There was made the review of regional aspects of renewable energy sources development and use. The analysis of the problems and prospects of investing in the regional development of the main energy sector directions of the Crimea as a region with a relatively large investment potential is presented as a result of the study. The influence of the generated power of solar power plants has a significant effect on the operation modes of the power system. Improvement of management methods and optimization of generation of generating capacity of solar power plants. Increase the efficiency of the power system.

УДК 631.47

МЕЖДУНАРОДНАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ЛУГОВЫХ ПОЧВ ЮЖНОГО СКЛОНА БОЛЬШОГО КАВКАЗА

С.М. Гусейнова, М.П. Бабаев

*Институт Почвоведения и Агротехнологии Национальной Академии Наук Азербайджана
Баку, AZ 1073, Азербайджан, e-mail: sultanhuseynova@rambler.ru*

Введение. Луговые почвы приурочены к поймам р. Куры и притоков Араза и формируются в условиях поверхностного и грунтового увлажнения. Значительные площади встречаются также в широких поймах рек Ленкоранской области и Куба-Хачмасской низменности [1, 2]. Луговые почвы представляют собой ценные сельскохозяйственные угодья.

Цель работы - изучить диагностические признаки луговых почв южного склона Большого Кавказа и дать название этим почвам в соответствии с Международной классификации почв на основе Реферативной базы (WRB) 2015 года [3].

Объект и методика исследования. Объектами исследования являются луговые почвы южного склона Большого Кавказа.

Заложение почвенных разрезов, морфологическое описание почвенного профиля и установление предварительного классификационного названия почвы в полевых условиях проводили по международной методологии и общепринятыми методами почвоведения [4,5]. На основании морфологического описания почв и их физико-химических показателей названия луговым почвам даны по Международной классификации почв на основе Реферативной базы (WRB) 2015 года [3].

Обсуждение результатов. Луговые почвы распространены в южной части Большого Кавказа, в основном в конусах выноса рек и развиваются в условиях промывного режима увлажнения. Уровень грунтовых вод сравнительно близкий. Территории с луговыми почвами орошаются с древних времен и несут в себе отпечатки длительной земледельческой культуры. В увлажнении почв вместе с поливными водами участвуют также грунтовые воды [6].

Разрез № 466 на участках луговых глубинно-глеевых орошаемых почвах заложен в районе Каха, $41^{\circ}21'35.74''N$, $46^{\circ}47'42.15''E$. Высота 234 м над уровнем моря. Разрез был заложен на кукурузном поле и вокруг него растительный покров состоит из клевера, кукурузы, ежевики, камыша, подорожника, одуванчика и др.

Морфологическое описание разреза № 466.

AUa¹vzca 2-27 серый, крупно-комковатый, тяжело суглинистый, плотный, корни, тонко пористый, сухой;

AUa¹vzca 27-42 темнее, почти бесструктурной, тяжело суглинистый, тонко пористый, сухой, переход видный;

A\B_{песок} 42-51 темный песок;

BT 51-66 серовато-темно-коричневый, среднесуглинистый, рыхлый, мало корней, тонко пористый, влажноватый, переход видный;

BTgp 66-85 темно-коричневый, тяжелосуглинистый, плотный, корни, крупно пористый, потеки серой глины, мелкие камни, влажный, переход видимый;

BTgp 85-110 темно-коричневый, тяжелосуглинистый, плотный, корни, тонко и крупно пористый, следы серой глины, мелкие камни, влажный, переход видный;

B\Cg 110-160 темно-коричневый, тяжелосуглинистый, плотный, тонко и крупно пористый, целиком потеки серые глины, мелкие камни, влажный, переход видимый;

$S_{\text{песок}} 160$ ниже очень влажный, темный речной песок.

Из морфологического описания разреза № 466 видно, что профиль имеет комковатую структуру серого цвета и цвет с глубиной постепенно становится темно-бурым. В середине разреза структура почти отсутствует. Оглеения начинается с нижнего горизонта и видны пятна ржавчины. Следует отметить, что слоистость в профиле характерна для луговых почв.

Гумус распределен по всему профилю почв равномерно, в профиле АU его содержание составляет 2,82-3,00 %. Тип гумуса гуматный и гуматно-фульватный. Соотношение $S_{\text{гк}}:S_{\text{фк}}$ - 0,8-1,1. Содержание валового азота колеблется в пределах 0,17-0,22%. Соотношение $C:N$ узкий (7,6-7,9). Содержание карбонатов не очень высокое, с глубиной их содержание увеличивается. Емкость поглощения не высокая (17-21 мг.экв./100 г почвы). Основная часть принадлежит катионам Са. Реакция почвенного раствора - нейтральный или слабощелочной (табл. 1).

По гранулометрическому составу эта почва средне-суглинистая (табл. 2). Илистая фракция слабая. В верхнем слое количество илистой фракции составляет 10,62-11,50 %. Интересно, что количество илистой фракции в песчаном слое невысокое и достигает 10,62-11,50 %. Количество физической глины невысокое (33,08-37,62 %) и равномерно распределено по всему профилю. Доля фракции 0,25-0,05 мм высока и увеличивается до 44,48-52,50 % (табл. 2).

В связи с созданием Международной классификации почв мира, на основе Реферативной базы (WRB) в 2015 году была сделана попытка дать названия этим почвам по международной классификации почв. Луговые глубинно-глеевые орошаемые: *Anthraquic Calcic Gleyic Irragric Gleysols (Arenic, Lixic, Vertic)*.

Разрез № 508 заложен на территории луговых погребённых орошаемых почвах в районе Балаканы с. Постбине, N 41°44' 52", E 046° 19' 45". Высота 262 м над уровнем моря. Сенокосный участок и вокруг растительный покров состоит из клевера, кукурузы, фундуков.

Морфологическое описание разреза № 508.

- | | |
|---------------------------|---|
| AUa ¹ zca 0-27 | остатки прошлогодних корней разных трав, серовато-желтоватый, тяжело суглинистый, крупно глыбистый, плотный, биологически обработан, сухой; |
| AYa ¹ ca 27-55 | коричневато-желтоватый, тяжело суглинистый, плотный, корни, редко пористый, потеки глины, сухой, переход видный; |
| BTgca 55-121 | чуть светлее, тяжело суглинистый, плотный, корни, пористый, потеки глины, свежий, переход видный; |
| BTgrca 121-158 | коричневатый, бесструктурный, рыхлый, крупно пористый, мелкие камни, потеки глины, ржавые пятна, влажный, переход видный; |
| B\Cgca 158-190 | тоже, что и горизонт 121-158, но больше ржавых пятен, пор мало, редко карбонатные остатки; |
| Srpt 190-ниже | потеки глины увеличивается, черные потеки, (может быть погребённый слой), ржавые пятна. |

Из морфологического описания этого разреза видно, что разрез имеет слабокультурный слой, серовато-желтоватого цвета, мощностью 35-45 см, плотного сложения. По всему профилю отмечаются глинистые потеки, ржавые пятна начинаются с горизонта BTgr на глубину 121-158 см.

При рассмотрении аналитических данных видно, что содержание гумуса в верхнем аккумулятивном слое составляет 3,43 %, затем с глубиной он резко падает. Тип гумуса фульватно-гуматный. Отношение $C:N$ колеблется в пределах 6,6-8,0, что показывает высокую степень гумифицированности органического вещества. Почвы эти насыщены основаниями, емкость поглощения невысокая, колеблется в пределах 14-

16 мг.экв./100 г. Весь профиль луговых почв карбонатные, уменьшаясь с глубиной (табл. 1).

Таблица 1

Основные свойства луговых почв

Разрез №	Глубина, см	Гумус, %	Азот, %	C:N	pH	Гигроскопическая влажность, %	CO ₂	CaCO ₃	Поглощенный Ca, мг.экв на 100 г почвы	Поглощенный Mg, мг.экв. на 100 г почвы	Поглощенный Na, мг.экв. на 100 г почвы
466 Ках	AUa ¹ vzca 0-27	3.00	0.22	7.9	7.4	3.7	1.52	3.45	10.50	7.00	0.30
	AUa ¹ vzca 27-42	2.82	0.21	7.8	7.1	3.5	2.28	3.18	8.50	4.50	0.40
	A/B _{песок} 42-51	2.25	0.17	7.6	7.5	3.1	1.71	3.89	9.00	4.00	0.30
	BT 51-66	1.50	0.13	6.7	7.3	3.2	1.13	2.59	10.00	6.00	0.20
	BT _{gp} 66-85	1.33	0.12	6.4	7.2	3.3	1.90	4.32	10.50	5.50	0.40
	BT _{gp} 85-110	1.00	-	-	7.4	3.0	2.47	5.61	7.50	4.00	0.20
	B/Cg 110-160	0.96	-	-	7.6	3.1	3.66	6.05	7.00	3.57	0.30
C _{песок} 160-ниже	0.73	-	-	7.5	3.3	3.04	6.91	14.50	3.00	0.60	
508 Балакен	AUa ¹ zca 0-27	3.43	0.25	8.0	7.5	4.3	1.13	2.59	9.62	3.38	1.52
	AYa ¹ ca 27-55	1.69	0.14	7.0	7.4	4.1	0.94	2.14	9.25	3.25	1.96
	BTgca 55-121	1.09	0.10	6.5	7.3	4.2	0.56	1.28	9.12	3.88	1.52
	BTg _{рca} 121-158	0.71	0.08	5.1	7.2	4.0	0.38	0.86	8.25	4.37	1.71
	B/Cgca 158-190	0.65	0.07	6.5	7.1	5.2	0.19	0.43	9.75	3.87	1.45
	[Cp _{gt}] 190-ниже	1.14	0.10	6.6	7.2	5.0	0.38	0.86	13.62	4.88	1.33

По гранулометрическому составу эта почва тяжелосуглинистая. Илистые частицы почти равномерно распределены по профилю почв. Физическая глина несколько увеличивается с глубиной. Здесь также отличается высокое содержание фракции 0,25-0,005 (пылеватый песок) (табл. 2).

Таблица 2

Гранулометрический состав луговых почв, %

Разрез №	Глубина, см	Диаметры частиц, мм						
		1-0.25	0.25-0.05	0.05-0.01	0.01-0.05	0.005-0.001	<0.001	<0.01
466 Ках	AUa ¹ vzca 0-27	1.34	44.48	16.20	13.68	12.44	11.50	37.62
	AUa ¹ vzca 27-42	1.53	45.39	16.34	14.30	11.52	10.62	36.44
	A/B _{песок} 42-51	1.96	52.50	15.08	12.18	10.26	8.02	30.46
	BT 51-66	1.60	49.78	15.54	12.46	11.44	9.18	33.08
	BT _{gp} 66-85	1.48	48.32	15.80	13.38	11.46	9.56	34.40
	BT _{gp} 85-110	1.81	51.17	15.40	13.04	10.46	8.12	31.62
	B/Cg 110-160	1.60	52.56	13.68	12.00	10.42	4.74	32.16
C _{песок} 160-ниже	1.53	48.27	15.48	13.06	11.54	10.12	34.72	
508 Балакен	AUa ¹ zca 0-27	1.66	37.94	20.40	16.36	12.68	10.96	40.00
	AYa ¹ ca 27-55	1.78	38.73	20.34	18.10	13.32	10.73	39.15
	BTgca 55-121	1.74	37.14	21.62	16.48	13.20	9.82	39.50
	BTg _{рca} 121-158	1.90	38.74	22.26	14.20	12.28	10.62	37.10
	B/Cgca 158-190	0.78	26.72	23.16	20.18	17.60	11.56	49.34
	[Cp _{gt}] 190-ниже	0.82	28.42	23.58	18.12	15.36	13.70	47.18

Луговые погребённые орошаемые почвы выщелочены от легкорастворимых солей, плотный остаток по всему профилю не превышает 0,130-0,148 (табл. 3).

Полная водная вытяжка луговых почв

№ Раз-реза	Глубина, см	Плотный остаток	Количество солей, %	%·I _a						
				CO ₃	HCO ₃	Cl	SO ₄	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺
508 Балакен	AUa'zca 0-27	0.130	0.145	нет	0.021	0.022	0.042	0.008	0.001	0.031
	AYa"ca 27-55	0.148	0.146	-	0.027	0.009	0.066	0.005	0.003	0.036
	BTgca 55-121	0.138	0.135	-	0.024	0.013	0.056	0.008	0.001	0.033
	BTgpcsa 121-158	0.145	0.142	-	0.027	0.018	0.052	0.005	0.002	0.038
	B\Cgca 158-190	0.133	0.130	-	0.018	0.009	0.062	0.005	0.002	0.034
	[Cpgt] 190- ниже	0.128	0.124	-	0.024	0.018	0.043	0.008	0.001	0.030

По международной классификации почв мира горно-коричневые типичные почвы можно представить в следующем виде: *Anthraquic Calcic Gleyic Irragric Gleysols (Arenic, Lixic, Novic)*.

В агропроизводственном отношении луговые почвы относятся к группе среднебонитетных с большим потенциальным плодородием. В хозяйственном отношении луговые почвы используются под выгоны и залежи, осваиванию под зерновые и бахчевые культуры.

Список литературы:

1. Салаев М.Э. Диагностика и классификация почв Азербайджана. Баку: «Элм», 1991, 238 с.
2. Бабаев М.П., Гасанов В.Г., Джафарова Ч.М., Гусейнова С.М. Морфогенетическая диагностика, номенклатура и классификация почв Азербайджана. Баку: Элм, 2011, 452 стр.
3. World reference base for soil resources 2014/International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps Update 2015 s. 10-11
4. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. – М.: Изд-во МГУ, 1970, 487 с.
5. FAO. 2006. Guidelines for soil description. 4th edition. Rome.
6. Бабаев М.П., Джафарова Ч.М., Джафаров А.М., Гусейнова С.М., Касумов Х.М. Почвенный покров Большого Кавказа. Баку: «Элм», 2017, 344 с.

THE INTERNATIONAL CLASSIFICATION OF MEADOW SOILS OF THE SOUTHERN SLOPE OF THE GREAT CAUCASUS

S.M. Huseynova, M.P. Babayev

Institute of Soil Science and Agrochemistry of the National Academy of Sciences of Azerbaijan, Baku, AZ 1073, Azerbaijan, e-mail: sultanhuseynova@rambler.ru

Abstract

The paper deals with the main features of Meadow soils (irrigated meadow-cinnamonic merged, meadow-cinnamonic carbonate) of the southern slope of the Greater Caucasus, their distribution, relief, climate, vegetation, morphological description, basic genetic signs (content of humus, exchange nitrogen, ratio of C:N, pH, cation exchange capacity, granulometric composition) and their use in agriculture and soil classification.

In connection with the creation of the International Soil Classification of the World, based on the Reference Base (WRB) in 2015, an attempt was made to name these soils according to the international soil classification.

АКУСТИЧЕСКОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ Г. СЕВАСТОПОЛЯ

С.А. Гутник¹; В.С. Гутник²

ФГАОУ ВО "Севастопольский государственный университет",
г. Севастополь, 299053, РФ, e-mail: ¹gutnikserg@gmail.com, ²vsgutnik@sevsu.ru

Введение. Автомобильные транспортные потоки являются одним из главных источников негативного воздействия на селитебные и рекреационные зоны урбанизированных территорий. Основные факторы загрязнения разделяют на химические (газообразные вещества, аэрозоли в виде мелкодисперсной пыли) и физические (шум, вибрации литосферы и строительных конструкций, тепловое излучение). Наибольшее влияние на качество жизни населения на примагистральных территориях оказывают выбросы вредных веществ и шум. При этом концентрации вредных веществ в приземном слое атмосферы в большой степени определяются климатическими факторами: температурой и влажностью воздуха, направлением и скоростью ветра. Благоприятное сочетание этих условий, а также особенности рельефа и другие подобные факторы могут существенно снижать среднесуточные концентрации загрязнителей в атмосфере.

В то же время, уровни шума транспортных потоков в меньшей степени зависят от внешних факторов и определяются параметрами самого источника, а именно:

- интенсивностью потока (количеством транспортных средств в единицу времени);
- скоростью движения;
- составом потока (долей легковых, грузовых автомобилей, автобусов и т.п.);
- характером покрытия проезжей части;
- степенью неравномерности движения (наличие перекрестков, переходов, средств регулирования движения и т.п.).

Уровни шума непосредственно на границе жилой застройки (на расстоянии 2 м от ближайших к транспортному потоку жилых и общественных зданий), кроме вышеперечисленных параметров, определяются также расстоянием, наличием зеленых насаждений, экранирующих зданий и сооружений.

Таким образом, для планирования мероприятий по снижению шумовой нагрузки на население урбосистем требуется информация об акустических характеристиках самого источника, его основных количественных параметрах, а также оценка существующих уровней шума непосредственно на селитебной территории в сравнении с санитарными нормами. Данная проблема является актуальной для г. Севастополя и всего прилегающего региона Крыма. Ее острота особенно возросла в течение последних 4-5 лет вследствие ряда факторов:

- значительного роста количества транспортных средств и, как следствие, интенсивности потоков;
- относительно большой доли тяжелого транспорта в связи с реконструкцией и строительством объектов инфраструктуры;
- близости транспортных потоков и селитебных территорий (в пригородах они проходят по главным улицам).

В связи с вышеизложенным представляется актуальным исследование акустического загрязнения примагистральных территорий г. Севастополя. Для принципиальной оценки состояния данного фактора загрязнения и экстраполяции дальнейших исследований на весь регион был выбран репрезентативный участок города. На его территории представлены разные по интенсивности движения типы улиц и дорог, а

также различные сочетания взаимного расположения транспортных потоков и жилой застройки.

Цель исследования: оценка степени воздействия транспортного шума на прилегающие селитебные территории репрезентативного района г. Севастополя.

Задачи исследования:

1. Определение методом измерений значений параметров транспортного шума в контрольных точках и на границе застройки.
2. Определение интенсивности потоков.
3. Измерение и анализ спектров шума.
4. Оценка полученных результатов в сравнении с санитарными нормами.

Методика исследования. Шум транспортных потоков является непостоянным и широкополосным, поэтому в соответствии с нормативным документом [1], регламентирующим методику контроля, измерялись и рассчитывались следующие параметры:

1. Эквивалентные уровни звука, $L_{Aэкв}$, дБА.
2. Интенсивность потока, N , эк/час.

Для выбора оптимальных защитных мер, кроме этих параметров, в данном исследовании определялись:

1. Эквивалентные уровни звукового давления в диапазоне октавных полос 31,5 - 8000 Гц, $L_{Рэкв}$, дБ.
2. Минимальные и максимальные уровни звука, $L_{Амин}$ и $L_{Амакс}$, дБА.
3. Скорость движения транспорта, v , км/час.
4. Эквивалентные уровни звука на границе жилой застройки, $L_{Aэкв}$, дБА.

Исследования проводились в период с 11 по 15 марта 2019 г. Схема расположения точек контроля представлена на рис. 1.

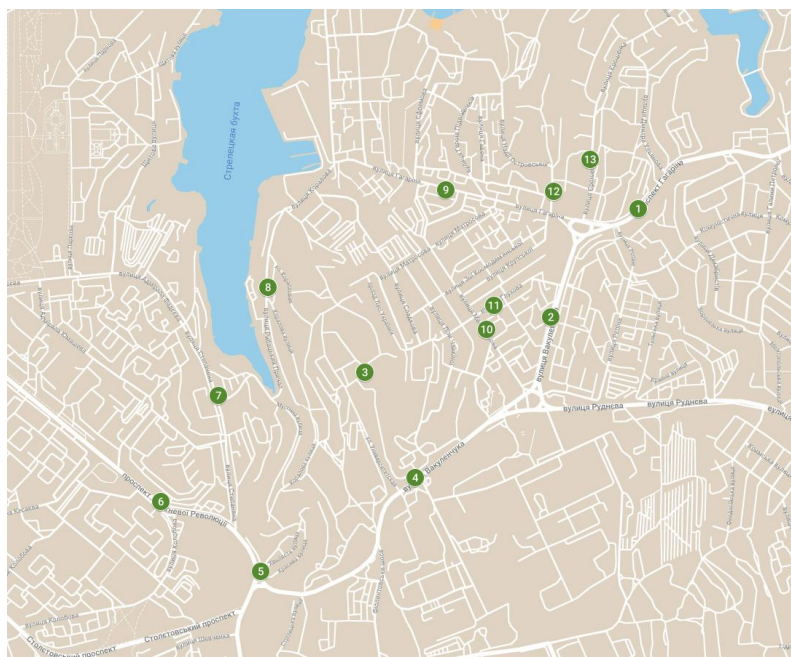


Рис. 1. Схема расположения точек контроля

Для измерений параметров шума использовался анализатор спектра 1 класса "Ассистент SIV1". При этом были выполнены следующие условия измерений и требования к их проведению в соответствии с [1]:

- измерения проводились на прямолинейных участках дорог и улиц с установленной скоростью движения и на расстоянии более 50 м от ближайших перекрестков;
- поверхность дорожного покрытия была чистой и сухой;

– измерительный микрофон располагался на расстоянии 7,5 м от оси ближайшей полосы движения транспорта на высоте 1,5 м и не ближе 1 м от отражающих поверхностей стен зданий;

– измерения в каждой точке проводились в течение более 5 мин до достижения стабилизации показаний прибора не хуже $\pm 0,2$ дБА.

Результаты и их обсуждения. Результаты исследований представлены в табл. 1 и на рис. 2 - 5. Анализ полученных данных показывает, что эквивалентные уровни звука на регламентированном расстоянии 7,5 м [1] составляют 45,4 - 74,5 дБА (рис. 2). При этом во всех контрольных точках, кроме ул. Глухова, они превышают санитарную норму - 55 дБА для дневного времени суток [2] на 2,3 - 19,5 дБА. Максимальные уровни звука превышают норму 70 дБА на 4,1 - 18,1 дБА (кроме ул. Глухова и Н.Островской).

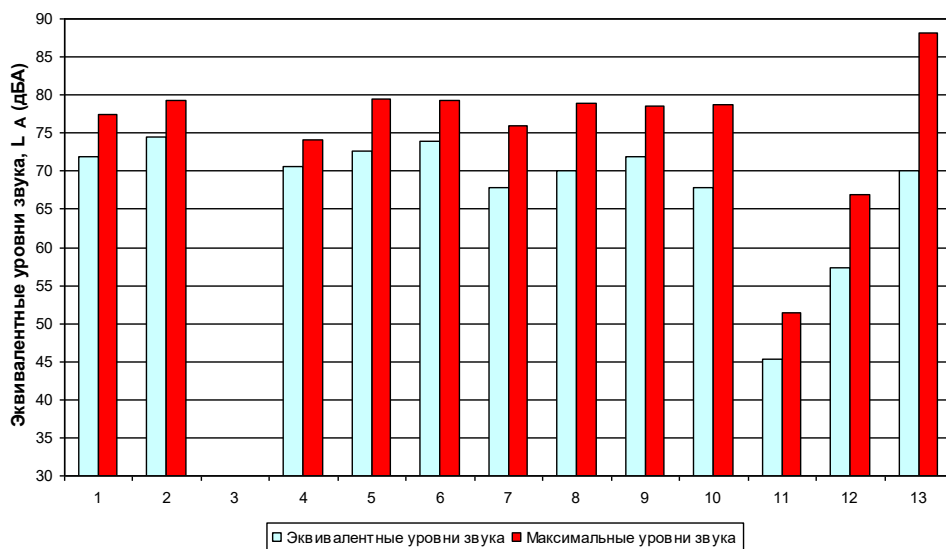


Рис. 2. Эквивалентные и максимальные уровни звука на расстоянии 7,5 м от ближайшей оси движения транспорта

Эквивалентные уровни звука на территориях, непосредственно прилегающих к жилым домам (рис. 3), превышают норму 55 дБА на 2,3 - 15 дБА (кроме ул. Университетской, 29 и ул. Глухова).

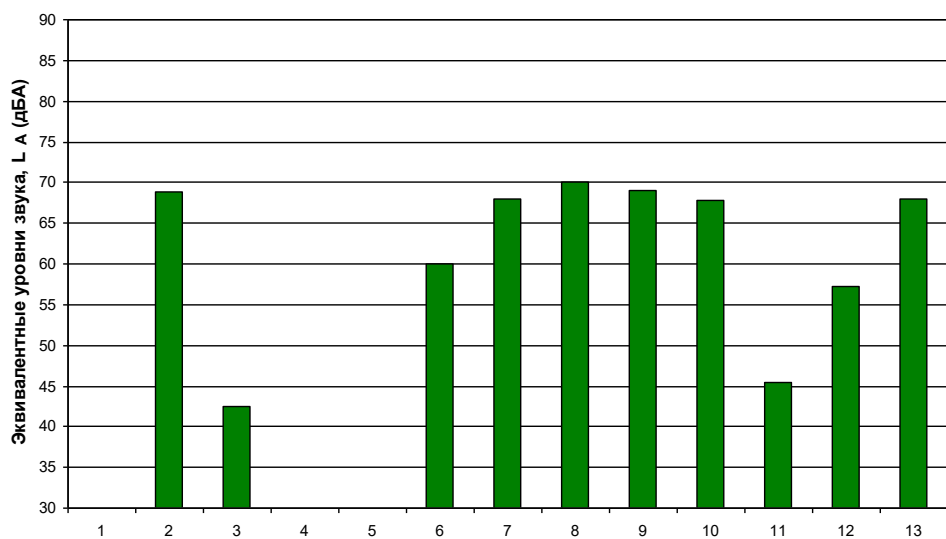


Рис. 3. Эквивалентные уровни звука на границе жилой застройки (2 м от ближайшего к потоку здания)

Интенсивность движения транспорта (таблица 1) максимальна на магистральных улицах Вакуленчука, Степаняна, проспектах Гагарина и Октябрьской Революции (от

950 до 5000 эк./час). Здесь наблюдались закономерно более высокие значения параметров шума. Однако для более достоверной статистической оценки интенсивности необходимы наблюдения в течение длительного периода в разное время суток.

Таблица 1

Интенсивность движения транспорта на контрольных участках

Точка контроля	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Интенсивность, эк/час	2800	2180	-	5000	3750	2500	1280	860	950	590	80	360	450

В данной работе измерения проводились в наиболее напряженное время - "часы пик" с 10 до 12 и с 16 до 18 часов. Скорость транспорта определялась непрямым методом по времени проезда заданного контрольного участка и составила 65 - 80 км/час.

Спектры шума (рис. 4, рис. 5) характеризуются более высокими значениями эквивалентных уровней звукового давления в области низких и средних октавных полос, что в общем характерно для транспортных потоков. При этом разброс значений спектральных уровней на расстоянии 7,5 м (рис. 4) для участков с разной интенсивностью (точки контроля № 4, 6, 9) - незначителен.

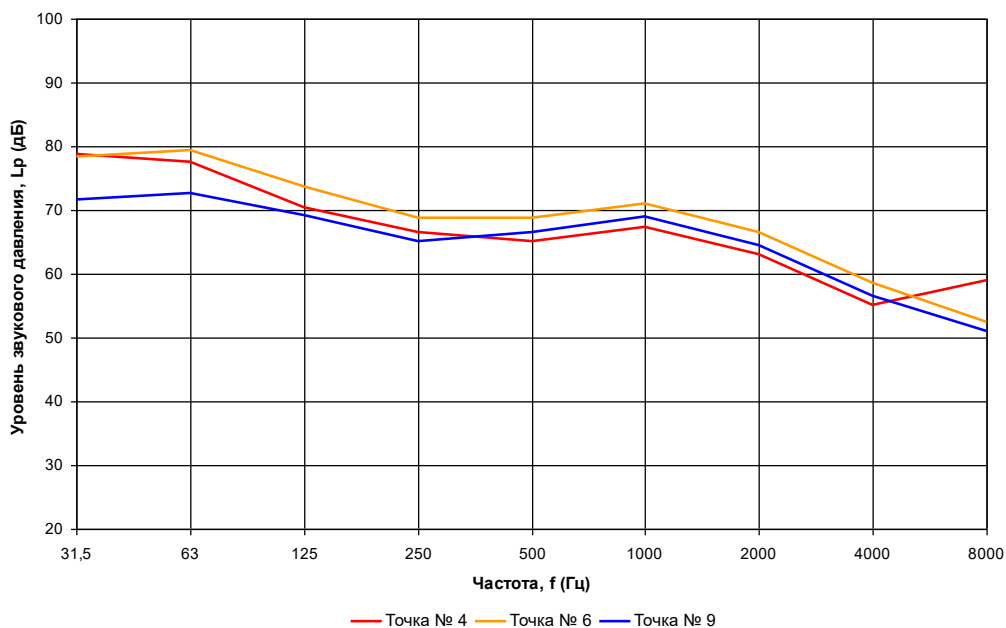


Рис. 4. Спектры эквивалентных уровней звукового давления на расстоянии 7,5 м от ближайшей оси движения транспорта (контрольные точки № 4, 6, 9)

В то же время, для точек контроля у жилых зданий спектральные эквивалентные уровни в одних и тех же октавах значительно отличаются. Очевидно, сказывается влияние расстояния. Превышения октавных уровней звукового давления над санитарной нормой (рис. 5) составляют от 3,5 до 22,3 дБ в диапазоне частот 63 - 8000 Гц. Спектральные уровни соответствуют норме только в октаве 31,3 Гц. Подъем спектральных уровней наблюдается в октавах 500, 1000 и 2000 Гц, что соответствует диапазону максимальной чувствительности слухового анализатора человека и может неблагоприятно сказаться на его здоровье.

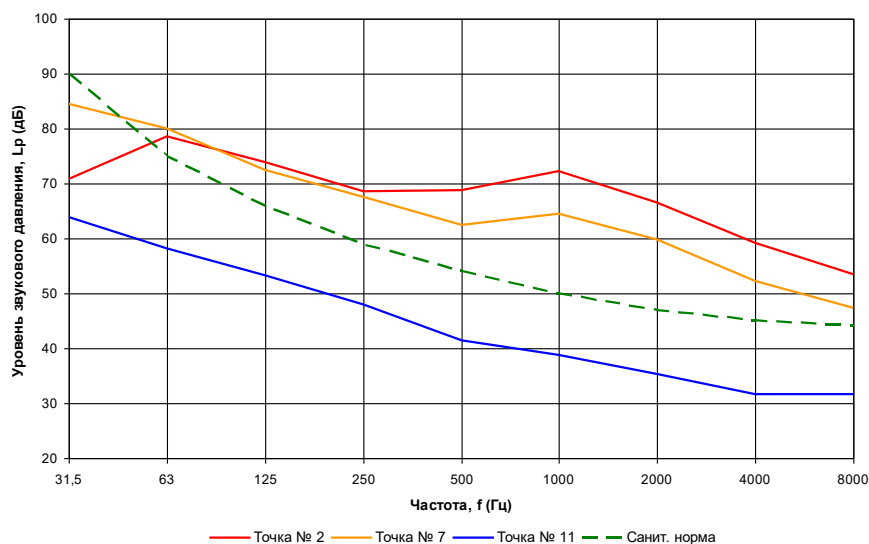


Рис. 5. Спектры эквивалентных уровней звукового давления на границе жилой застройки (контрольные точки № 2, 7, 11)

Заключение. На основании анализа данных, полученных при исследовании шума транспортных потоков, можно сделать следующие выводы:

1. Измеренные эквивалентные и максимальные уровни звука в большинстве контрольных точек репрезентативного района г. Севастополя значительно превышают санитарные нормы.

2. Спектры эквивалентных уровней звукового давления являются широкополосными с преобладанием низко- и среднечастотных составляющих.

3. Причинами превышения предельно допустимых уровней параметров шума является высокая интенсивность потока и практически полное отсутствие средств защиты от шума [3].

4. Для снижения акустической нагрузки на жилые территории могут быть рекомендованы: увеличение плотности зеленых насаждений вдоль проезжей части, строгий контроль скоростного режима, ограничение движения грузового транспорта, снижение интенсивности потоков путем разгрузки на альтернативные улицы и дороги и более рациональное планирование взаимного расположения проезжей части городской инфраструктуры и жилой застройки.

5. Необходимо проведение комплексного исследования акустического фактора на всех трассах движения транспорта с составлением карты шума г. Севастополя.

Список литературы:

1. ГОСТ 20444-2014 Шум. Транспортные потоки. Методы определения шумовой характеристики.
2. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.
3. СП 51.13330.2011 Защита от шума.

ACOUSTIC POLLUTION OF THE TRAFFIC FLOWS OF SEVASTOPOL

S.A. Gutnik¹, V.S. Gutnik²

Sevastopol State University, Sevastopol, 299053, Russian Federation,
e-mail: ¹gutnikserg@gmail.com, ²vsutnik@gmail.com

Abstract

The parameters of acoustic pollution of the territories along traffic flows in the city of Sevastopol are investigated. The maximum allowable equivalent and maximum sound levels are exceeded in most control points. The spectra of sound pressure levels and the intensity of traffic flows are presented. The reasons for the excess noise parameters are identified. Recommendations are given to reduce the acoustic load on the main areas.

ФОРМИРОВАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ НАСЕЛЕНИЯ, ПРОЖИВАЮЩЕГО НА ТЕРРИТОРИЯХ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ РАДИОНУКЛИДАМИ В РЕЗУЛЬТАТЕ ЯДЕРНЫХ КАТАСТРОФ

Г.З. Гуцева¹, В.Т. Демянчик²

¹ГНУ «Институт радиобиологии НАН Беларуси», Гомель 246007, Беларусь,
e-mail: guzewa@mail.ru

²ГНУ «Полесский аграрно-экологический институт», Брест 224020, Беларусь,
e-mail: koktebel.by@mail.ru

Проблемы образования и просвещения в области радиационной безопасности и радиоэкологии для республики Беларусь обусловлены тяжестью последствий Чернобыльской Катастрофы.

26 апреля 1986 года на 4-м энергоблоке Чернобыльской атомной электростанции произошла авария. Чернобыльская авария считается крупнейшей за всю историю атомной энергетики. Из 30-километровой зоны было экстренно эвакуировано более 24 тысяч человек. Всего с момента аварии на ЧАЭС с загрязненных территорий эвакуированы и отселены 138 тысяч человек, около 200 тысяч самостоятельно покинули территории радиоактивного загрязнения. В результате катастрофы более 23,5 % всех земель республики подверглось радиоактивному загрязнению, на которых проживала почти четверть населения Беларуси. И сегодня 21 район нашей страны относится к наиболее пострадавшим [1].

Чернобыльская катастрофа принесла множество серьезных социально-экономических проблем, затронувших жизненные интересы миллионов людей, их здоровья, образа жизни, благосостояния, породила у значительной части населения устойчивый социально-радиоэкологический стресс, который характеризуется ощущением тревоги, беспокойства страха за жизнь и будущее свое и своих детей.

В отчете НКДАР ООН за 2008 год отмечено, что в случае чернобыльской аварии известны масштабные эффекты не связанные с дозой облучения. К ним относятся последствия, связанные с беспокойством относительно будущего и угнетенным состоянием, а так же любыми вытекающими отсюда изменениями в диете, курении, потреблении алкоголя и других факторов образа жизни, которые, по сути, не связаны с реальным радиационным воздействием. Ведущая роль в решении социальных и психологических последствий катастрофы принадлежит информированию.

В первые годы после чернобыльской катастрофы целенаправленное информирование населения не являлось первоочередной задачей для органов государственного управления, государственных организаций и учреждений, участвующих в работах по преодолению последствий. На повестке дня стояли срочные меры чрезвычайного характера: эвакуация, дезактивация, создание систем радиационного контроля, медицинская и социальная защита и внедрение специальных мероприятий в сельском и лесном хозяйстве.

Должное внимание информационному обеспечению населения стало уделяться в четвертой Государственной программе по преодолению последствий катастрофы на ЧАЭС 2001-2005 г. Сутью информирования населения стала глубокая разъяснительная работа в районах радиоактивного загрязнения, направленная на изменение поведенческой модели человека, включающая новейшие научно-практические выводы и рекомендации по радиационной защите. На первом этапе были организованы выезды лекционных бригад ученых и специалистов для проведения информационно-разъяснительной работы среди населения. Подготовлены и распространены среди местного населения информационные материалы через республиканские, областные

и районные СМИ. Подготовлены и изданы карты радиационной обстановки республики, областей и районов. Для узких специалистов, медицинских работников, специалистов сельского хозяйства и учителей, на основе новейших научных исследований, были изданы учебно-методические пособия и рекомендации по радиоэкологии и радиационной безопасности.

Периодически, путем анкетирования, производилось определение уровня информированности граждан по проблемам проживания на территориях пострадавших в результате катастрофы на ЧАЭС.

Оценивалась информированность населения:

- о зоне радиоактивного загрязнения, к которой относится территория проживания;
- реальной радиационной обстановки в населенном пункте;
- о правилах безопасного проживания и получения в личном подсобном хозяйстве «чистой» продукции;
- удовлетворенность существующим в настоящее время информационным обеспечением реабилитационных мероприятий на загрязненных радионуклидами территориях;
- полезности и необходимости информации, связанной с последствиями катастрофы на ЧАЭС для жителей загрязненных районов;
- доступность источников информации, связанной с последствиями катастрофы на ЧАЭС для жителей;
- уровень доверия и компетентности различных источников информации по чернобыльской тематике;
- порядок наиболее эффективных мер информирования населения по проблемам, возникшим в результате Чернобыльской катастрофы;
- информированность населения о проводимых государственными органами Республики Беларусь мероприятиях по возрождению и развитию пострадавших территорий, а также пожелания относительно государственных мер.

По результатам оценки восприятия жителями имеющейся информации о специфике проживания на радиоактивно-загрязненной территории были выделены виды наиболее востребованной информации такие как: правила рыбной ловли, охоты, правила сбора ягод и трав, правила сбора грибов, а так же информация о последствиях употребления загрязненной радионуклидами продукции.

Для повышения эффективности информационной работы с населением выделялись тематические группы. Необходимостью выделения целевых групп для проведения просветительской работы был высокий риск развития негативных последствий аварии, восприимчивость аудитории к предлагаемой информации и преемственность в ее передаче. Среди населения группы выделялись по следующим критериям: наличию приусадебного участка, наличию домашнего скота, различия по видам занятий, учитывалась характеристика особенностей питания и потребления особых видов продуктов питания, а так же применялись ли на практике при ведении личного подсобного хозяйства меры радиационной защиты.

Для реализации информационной политики была поэтапно создана на государственном уровне система информирования населения. В основе формирования системы стоят органы местного управления (райисполкомы, советы депутатов, органы территориального общественного самоуправления, местные собрания, референдумы и т.д.). При участии Международных программ, созданы центры практической радиологической культуры. Осуществляется прямой доступ населения к радиометрическим измерениям.

Регулярно проводится обучение специалистов медицины и образования методам информационной работы среди населения. Организовываются семинары для медицинских работников по вопросам радиоэкологического информирования среди раз-

личных групп населения, семинары для педагогов по вопросам организации радиоэкологического информирования, а также методам преподавания навыков здорового образа жизни. Осуществляется повышение квалификации в области радиологии и радиобиологии в специализированных высших учебных заведениях.

В период 2015-2020 гг., проведение информационно-просветительской работы по основам радиологической грамотности среди жителей населенных пунктов, находящихся на загрязненной радионуклидами территории, заключается в организации тематических выставок, на которых распространяются информационные материалы, выступления специалистов и демонстрации тематических фильмов. Для проверки растительной и животной продукции личных подсобных хозяйств, а также пищевой продукции леса на содержание цезия-137 жители могут обратиться в районный центр гигиены и эпидемиологии, районную ветеринарную станцию или в лесхоз, на пост радиационного контроля.

В настоящее время, основными направлениями информационной работы являются:

1. формирование практической экологической культуры населения, проживающего на загрязненных радионуклидами территориях, а также общей радиоэкологической культуры населения республики;
2. развитие социальной активности жителей пострадавших районов (прежде всего – молодежи) и вовлечение населения в процесс возрождения пострадавших территорий;
3. формирование адекватного восприятия пострадавших территорий со стороны населения незагрязненных территорий Республики Беларусь и мирового сообщества.

На территориях с радиоактивным загрязнением проводятся СИЧ-обследования на содержание радионуклидов в организме жителей. В населённых пунктах, в результате СИЧ-измерительной компании содержания цезия-137 в организме жителей, выявляются «критические группы» населения. На рис. 1. показано, что основными группами населения с дозами выше 0,1 мЗв являются безработные и пенсионеры.

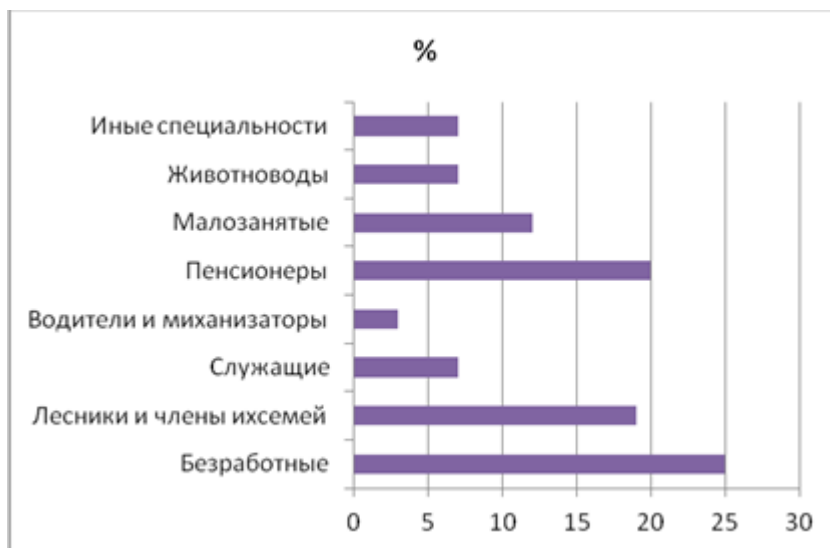


Рис. 1. Группы сельских жителей с дозами внутреннего облучения > 0,1 мЗв, %

С помощью обработки и анализа полученных данных в результате СИЧ-обследования, выявляются семьи, члены которых получают повышенные дозы облучения. С ними проводится информационная работа по выявлению потенциальных источников загрязнения. Учитываются и вторичные источники загрязнения радионуклидами (болотные и лесные пожары, перемещения материальных объектов).

Таким образом, созданная в Республике Беларусь система информирования населения дает реальные практические результаты, такие как:

- повышение доверия населения к результатам радиометрических измерений;
- снижение дозовой нагрузки населения в результате повышения практической радиологической культуры;
- устойчивая система общественного радиационного контроля в пострадавших от катастрофы на Чернобыльской АЭС районах.

Проведение санитарно-просветительской работы в населенных пунктах, пострадавших в результате радиационных аварий, необходимо проводить на доказательном уровне с обязательным практическим компонентом - радиометрическими измерениями, которые являются объективными критериями, как для действий медицинских работников, так и для жителей.

Список литературы:

1. Ответы на «Чернобыльские» вопросы (памятка) / рецензенты В.Л. Гурачевский, Э.А. Надыров // Департамент по ликвидации последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС Министерства по чрезвычайным ситуациям Р.Б. - 2015. – С.1-26.

**DEVELOPMENT OF PRACTICAL ECOLOGICAL CULTURE AMONG
POPULATION IN CONTAMINATED AREAS FOLLOWING
NUCLEAR ACCIDENTS**

H.Z. Hutsava¹, V.T. Dziamianchyk²

*Institute of Radiobiology of the National Academy of Sciences of Belarus,
Gomel, 246007, Republic of Belarus, e-mail: guzewa@mail.ru
Poleski Agrarian-Ecological Institute, 224020 Brest, Republic of Belarus,
e-mail: koktebel.by@mail.ru*

Abstract

Radiation safety and radioecology-related educational and enlightenment issues in Belarus are associated with the severity of the consequences of the Chernobyl disaster.

The Chernobyl disaster had yielded multiple socioeconomic challenges, affected millions of people's fundamental interests, health, lifestyle and welfare, and triggered hard socio-radioecological distress among significant number of people, bringing them constant disturbing feelings of apprehension, anxiety and fear for their lives and for the future of their children.

According to the UNSCEAR report of 2008, there are known large-scale cases of serious aftereffects following the Chernobyl accident that were not directly related to radiation doses. Such are, for instance, the emotional consequences expressed in anxiety towards one's future and depression state, as well as any resulting alterations in people's diet, smoking habits, alcohol consumption and other changes in the lifestyle which are basically not linked to the real radiation exposure. The leading role in tackling post-accident social and psychological effects belongs to information-sharing and communication.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДУШНЫХ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ В КОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЯ

А.Т. Дворецкий

Академия строительства и архитектуры, Крымский федеральный университет им. В.А. Вернадского, Симферополь, Россия

Многие страны прошли уже большой путь по реализации стратегии низко энергетической архитектуры. Так, например, во многих районах США пассивные солнечные дома не требуют никакой дополнительной энергии на отопление и охлаждение. С учётом текущих и будущих планируемых затрат на отопление дополнительная стоимость строительства пассивного солнечного дома возмещается очень быстро (5-7 лет). Официальные обзоры указывают на то, что уже в 1984 в США было построено 100000 пассивных солнечных домов, но неофициальные источники говорят об одном миллионе зданий, построенных к настоящему времени, в которых использованы те или иные принципы низкоэнергетической архитектуры (теплицы, оранжереи, лоджии и т.п., пристроены с южной стороны дома, эффективная солнцезащита).

Снижение экологической нагрузки на природу внедрением биосферосовместимых, энергоэффективных технологий в строительстве за счёт сокращения до 50% сжигания органического топлива на основе пассивного солнечного нагрева, необходимого на отопление здания приведёт к пропорциональному снижению выбросов CO², что будет способствовать повышению экологической безопасности и устойчивому развитию Республики Крым.

В литературе [1,2] встречается три основных типа устройств пассивного солнечного нагрева (рис. 1).

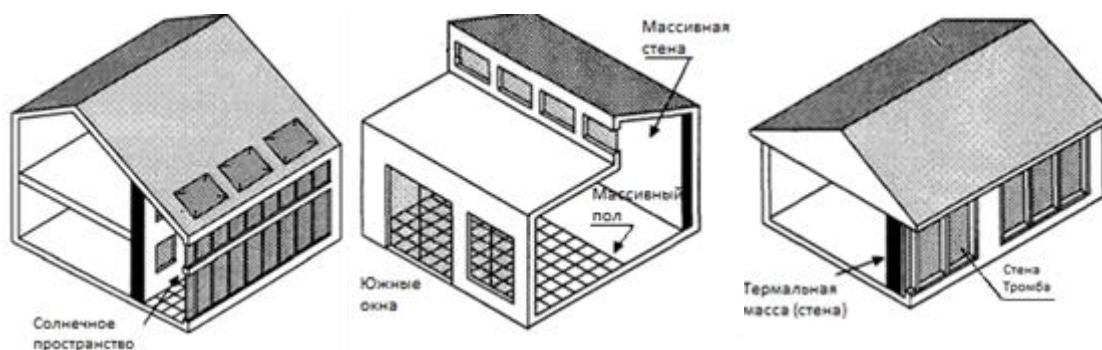


Рис. 1. Типы устройств пассивного солнечного нагрева

Рассмотрим удельные тепловые потери и тепловые поступления через окна южной ориентации. Выберем из [3] окна с двойным остеклением с твёрдым селективным покрытием (К-стекло) 4M₁+K4 со спаренным переплётом.

- Среднечасовые тепловые солнечные поступления за отопительный период:

$$Q_{\text{инс.}} = I_{\text{юж}} \cdot \tau_1 \cdot \tau_2 = 77 \text{ Вт/м}^2 \cdot 0,75 \cdot 0,76 = 44 \text{ Вт/м}^2,$$

где $I_{\text{юж}}$ - суммарная часовая солнечная радиация на южный фасад за отопительный период, которая может быть выбрана по карте изолиний солнечной радиации [4];

τ_1 - коэффициент затенения непрозрачными элементами;

τ_2 - коэффициент относительного пропускания солнечной радиации.

- Среднечасовые тепловые потери за отопительный период в Симферополе:

$$Q_{\text{пот}} = K \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) = 1,8 \cdot (20 - 2,6) = 1,8 \cdot 17,4 = 31,6 \text{ Вт/м}^2,$$

где $K = 1/R = 1,8 \text{ Вт/м}^2\text{°C}$ - коэффициент теплопроводности стеклопакета;

$R = 0,55$ - коэффициент сопротивления теплопередаче стеклопакета;
 $t_{в}$ – внутренняя температура помещения [5];
 $t_{н}$ - среднесуточная наружная температура в отопительный период [5].
 Избыточная тепловая энергия, проходящая через окна южной ориентации:

$$\Delta Q_{ок.} = Q_{инс.} - Q_{пот} = 44 \text{ Вт/м}^2 - 31,6 \text{ Вт/м}^2 = 12,4 \text{ Вт/м}^2$$

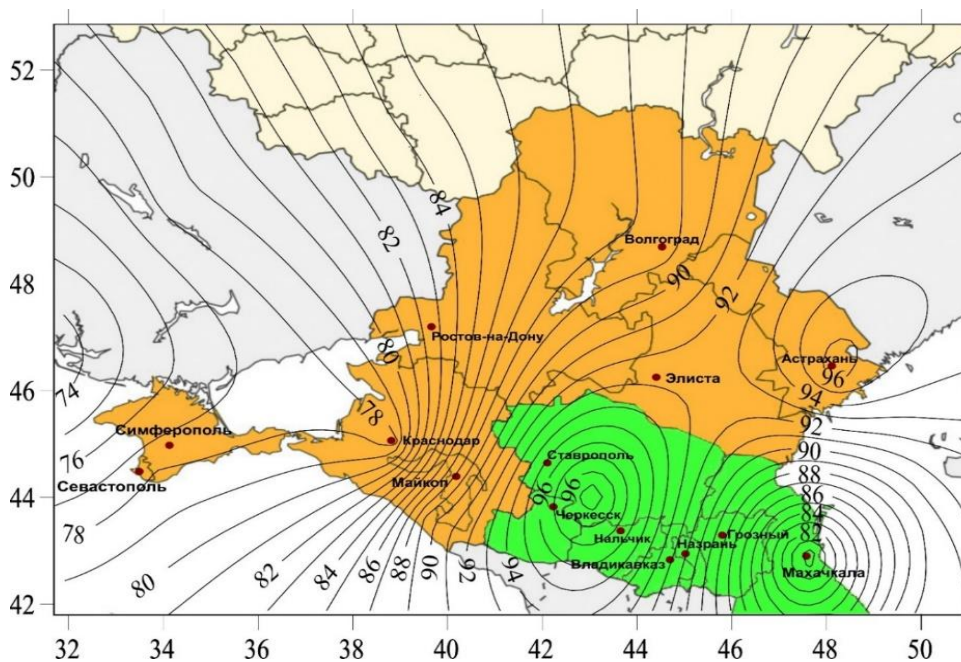


Рис. 2. Суммарная солнечная радиация для Северо-Кавказского и Южного федеральных округов (Вт/м²)

Рассмотрим удельные тепловые потери и тепловые поступления через стену Тромба, которая имеет сопротивление теплопередаче $R=2,46 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$ (рис. 3) и состоит из:

- двойного остекления с твёрдым селективным покрытием (К-стекло) 4М₁+К4 со спаренным переплётом;
- вентилируемой воздушной прослойки, 200мм;
- извешняка, 380мм;
- минеральной (каменной) ваты, 70мм;
- гипсокартона, 20мм.

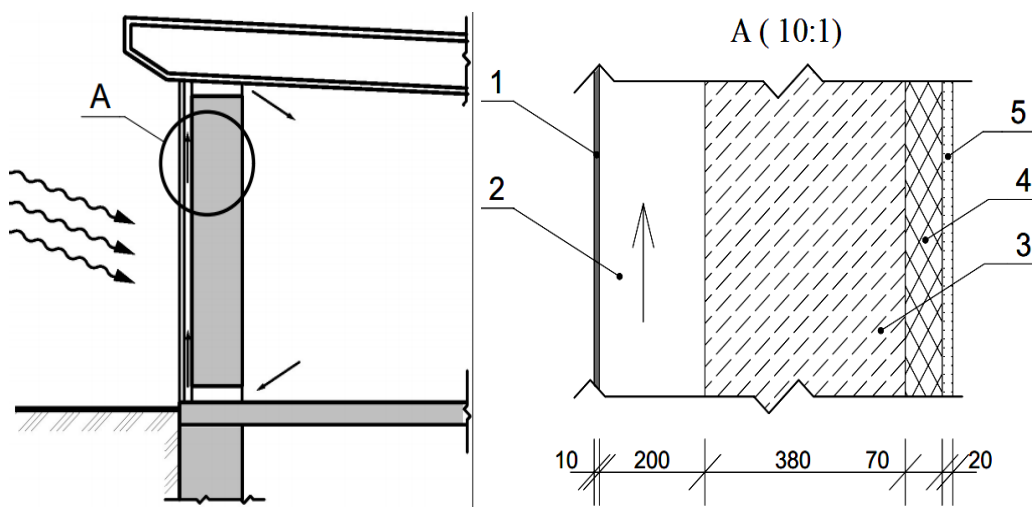


Рис. 3. Конструкция стены Тромба: 1-двойное остекление, 2-вентилируемая воздушная прослойка, 200мм, 3-извешняк, 380мм, 4-минеральная (каменная) вата, 70мм, 5- гипсокартон, 20мм. $R=2,46 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$

- Среднечасовые тепловые солнечные поступления за отопительный период такие как для окна:

$$Q_{\text{инс.}} = I_{\text{юж}} \cdot \tau_1 \cdot \tau_2 = 77 \text{ Вт/ м}^2 \cdot 0,75 \cdot 0,76 = 44 \text{ Вт/ м}^2,$$

- Среднечасовые тепловые потери за отопительный период в Симферополе:

$$Q_{\text{пот}} = K \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) = 0,4 \cdot (20 - 2,6) = 7 \text{ Вт/ м}^2,$$

где $K = 1/R = 0,4 \text{ Вт/ м}^2 \cdot \text{°C}$ – коэффициент теплопроводности стены Тромба;

$R = 2,46$ - коэффициент сопротивления теплопередаче стеклопакета для стены Тромба, заданной конструкции.

Избыточная тепловая энергия, проходящая через стены Тромба:

$$\Delta Q_{\text{Тр.}} = Q_{\text{инс.}} - Q_{\text{пот}} = 44 \text{ Вт/ м}^2 - 7 \text{ Вт/ м}^2 = 37 \text{ Вт/ м}^2$$

Существует общее эмпирическое правило, согласно которому грамотно спроектированный энергоэффективный дом в сравнении с традиционным домом той же площади поможет снизить энергетические затраты на 75% при удорожании строительства всего лишь на 5 – 10%. Дополнительные затраты окупятся за 5-7 лет.

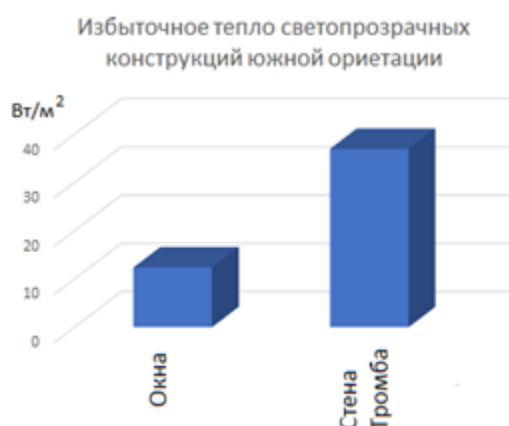


Рис. 4. Избыточное тепло через окна и стену Тромба

Для районов с большим количеством солнечных дней в году (например, в Крыму от 2000 до 2500 солнечных дней в году) энергетическая эффективность зданий может быть существенно улучшена за счёт применения низкоэнергетической архитектуры. Эта стратегия универсально применима для малоэтажных и частично для многоэтажных новых и реконструируемых зданий и может быть реализована проектировщиками с целью сокращения потребления невозобновляемых источников энергии на отопление и охлаждение зданий. Получение дополнительного тепла в отопительный период от солнца эффективно с использованием воздушных солнечных коллекторов южной ориентации. Воздушный коллектор – стена Тромба почти в три раза ($37/12,4=2,98$) эффективнее прямого солнечного нагрева (окна).

Список литературы:

1. Passive Solar Design Strategies: Guidelines for Home Building. Passive Solar Industries, Council National Renewable Energy Laboratory, Charles Eley Associates. Seattle, Washington. 1992. 85 pages.
2. David A. Bainbridge. Passive Solar Architecture. Heating, Cooling, Ventilation and Daylighting Using Nature Flows/ David A. Bainbridge, Ken Haggard// Chelsea Green Publishing – Vermont. 2011. 300 p.
3. Требования по составу и содержанию энергетического паспорта проекта жилого и общественного здания СТО НОП 2.1-2014. Москва 2014. 125 с.
4. Дворецкий А.Т. Перспективы развития пассивной солнечной архитектуры юга России/ Дворецкий А.Т., Клевцев К.Н. Моргунова М.А., Денисова Т.В. // *Строительство и реконструкция* - Орёл. №6, 2017. С. 76-84.
5. СП 131.13330.2012 СТРОИТЕЛЬНАЯ КЛИМАТОЛОГИЯ Актуализированная редакция СНиП 23-01-99*- Москва. 2012.

**ENERGY EFFICIENCY OF AIR SOLAR COLLECTORS
IN THE CONSTRUCTION OF THE BUILDING**

A.T. Dvoretzky

The Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky, Simferopol, Russia

Abstract

For areas with a large number of sunny days per year (for example, in the Crimea from 2000 to 2500 sunny days per year), the energy efficiency of buildings can be significantly improved through the use of low-energy architecture. Receiving additional heat during the heating period from the sun is efficient with the use of air solar collectors of southern orientation. The air collector - the Tromb wall is almost three times ($37 / 12.4 = 2.98$) more efficient than direct solar heating (windows).

РАДИАЦИОННО-ХИМИЧЕСКИЙ И ЭКОЛОГО-ФАУНИСТИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ЖИВОТНОГО МИРА НА БЕЛОРУССКОЙ АЭС

В.Т. Демянчик¹, Г.З. Гуцева², В.В. Демянчик¹

¹ГНУ «Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси»,
Брест, 224019, Республика Беларусь, e-mail: koktebel.by@mail.ru

²ГНУ «Институт радиобиологии НАН Беларуси»,
Гомель 246007, Республика Беларусь

В системе экологического мониторинга основные постоянные площадки наблюдений располагаются в 0,2-10 км от Белорусской АЭС в Островецком районе Гродненской области.

Актуальность изучения закономерностей накопления в живых организмах тяжелых металлов связана, с одной стороны, с их важностью как микроэлементов для жизнедеятельности организмов, а с другой – с тем, что они представляют основной компонент загрязнений в результате хозяйственной деятельности человека. Фундаментальным отличием тяжелых металлов от других контаминантов является внедрение в окружающую среду, дальнейшая миграция и накопление в трофических цепях. Возможность аккумуляции тяжелых металлов в клетках живых организмов обусловлена их способностью к образованию стойких комплексов органических соединений. Вместе с тем ряд тяжелых металлов входит в состав ферментов – биокатализаторов и регуляторов наиболее важных физиологических процессов. Таким образом, определение уровня накопления тяжелых металлов биологическими объектами, в том числе насекомыми, является важнейшей составляющей биологической индикации состояния окружающей среды [1, 2].

В экотоксикологических исследованиях много внимания уделяется особенностям накопления тяжелых металлов в организмах почвенных беспозвоночных животных. Исследуются биохимические и цитологические механизмы аккумуляции и детоксикации поллютантов на уровне организма, экологические механизмы устойчивости почвенной биоты к загрязнению на уровне популяций [2–6], приводятся данные по содержанию тяжелых металлов у наиболее массовых видов беспозвоночных мезофауны [7].

Мониторинг комплексов почвенных жесткокрылых проводится по четырем основным направлениям:

1. Видовой состав и динамическая плотность видов;
2. Спектр экологических групп по гигропреферендуму и жизненным форм;
3. Содержание радионуклидов и тяжелых металлов;
4. Состояние популяций редких и находящихся под угрозой исчезновения видов.

Наиболее значимый опыт оценки репрезентативности конкретных групп почвенных беспозвоночных в контексте влияния объектов атомной энергетики получен в ходе мониторинга накопления радионуклидов почвенными обитателями на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению в зоне аварии на Чернобыльской атомной станции (таблица 1) [8]. Этот опыт в аннотированном виде выглядит следующим образом.

Наиболее высокими уровнями накопления характеризовались из сапрофагов – кивсяки, из фитофагов – имаго июньского хруща и личинки листоедов. Удельная активность накопленных радиоизотопов была выше у взрослых беспозвоночных, обитающих в почве, а также у преимагинальных фаз. Удельная активность ⁹⁰Sr в почвенных беспозвоночных, собранных в Брагинском р-не, оказалась незначительной (0,4 кБк/кг).

Таблица 1

Репрезентативные группы и удельная активность γ -излучающих радионуклидов у почвенных беспозвоночных, кБк/кг массы воздушно-сухого вещества [8]

№ п/п	Группы беспозвоночных и трофические группы	Удельная активность
	Беспозвоночные	
1	Дождевые черви	75,9
2	Раковинные моллюски	64,8
3	Слизни	81,8
4	Кивсяки и мокрицы	91,7
5	Навозники	46,0
	Трофические группы	
6	Фитофаги	64,1
7	Сапрофаги	73,4
8	Зоофаги	14,0

В зоне строящейся Белорусской АЭС Наиболее высокие концентрации свинца были выявлены на стационаре № 1 «Авены» у навозников обыкновенных – 9.25 мг/кг (в сухой массе) (таблица 2). Что вероятно обусловлено спецификой данного местообитания: расположение вблизи от лесной дороги.

Значительными амплитудами выделяются и концентрации других тяжелых металлов (таблица 2). Определенные корреляции и предварительные закономерности можно выделить при появлении данных в течении нескольких лет.

В 2018 г. по сравнению с 2017 годом отмечены незначительные изменения в концентрациях тяжелых металлов в пределах нормы реакции, обусловленные главным образом природно-климатическими и популяционными флуктуациями.

Таблица 2

Содержание (мг/кг) в сухой массе тяжелых металлов в организме почвенных беспозвоночных на стационарах в ареале Белорусской АЭС, 2018 г.

Металл	Содержание тяжелых металлов, мг/кг (в сухой массе)			
	Навозник обыкновенный <i>Geotrupes stercorarius</i>		Улитка виноградная <i>Helix pomatia</i> , с-р «Ворняны»	
	с-р. «Авены»	с-р. «Вада»	раковины	мягкие ткани
Свинец, Pb	9,25	0,46	-	-
Кадмий, Cd	0,76	0,24	-	1,08
Медь, Cu	27,51	7,25	1,30	40,05
Цинк, Zn	139,97	137,97	2,88	57,18
Никель, Ni	4,47	0,28	н.о.	н.о.
Марганец, Mn	686,83	124,06	6,49	61,09
Железо, Fe	1984,49	141,82	25,32	118,22
Кобальт, Co	0,81	н.о.	н.о.	н.о.
Хром, Cr	19,18	0,96	6,66	0,99

Объектами мониторинга являлись также и водные моллюски. Содержание тяжелых металлов у водных гидробионтов на разных стационарах варьировало в достаточно широком диапазоне. В частности, особенно высокое содержание марганца выявлено на стационаре № 6 «Ворняны» в теле моллюсков беззубка обыкновенная *An-*

odonta anatine. В 2018 г. по сравнению с 2017 г. отмечены незначительные изменения в пределах нормы реакции.

В 2018 г. концентрация свинца не была установлена на стационаре № 6 «Ворняны» в теле (в сухой массе) и раковинах моллюсков беззубки обыкновенной *Anodonta anatine*, что вероятно отражает специфику данного местообитания: проточный режим водоема и другими факторами.

Значительными амплитудами выделяются и концентрации других тяжелых металлов.

В качестве модельных видов оценки химических и радиационных воздействий использованы свыше 30 видов позвоночных животных. Результаты оценки содержания радионуклидов в 2018 г. в мышечной ткани лягушки травяной *Rana temporaria* и других земноводных на стационарах показали следующую ситуацию.

По сравнению с известными данными (Гомельская обл. (до 370 кБк/кг), Могилевская (до 115 кБк/кг), Минская и Гродненская (до 2,2–5,6 кБк/кг) Витебская (до 0,2–1,1 кБк/кг) [8]) эта местность в зоне Белорусской АЭС отличается предельно низкими значениями удельной активности. Удельная активность по Cs-137 на 6 стационарах особой травяной лягушки в зоне Белорусской АЭС в 2018 г. составляла 1,72–3,90 Бк/кг.

Относительно высокое содержание свинца в теле травяной лягушки выявлено на стационаре № 2 «Вада»– 1,06 мг/кг (в сухой массе). Эта постоянная площадка наблюдения располагается в 3,95 км от Белорусской АЭС. Но это значение содержание свинца более низкое, чем, например, в зоне г. Киева.

Относительно высокое содержание свинца выявлено на стационаре № 5 «Мацкель» в теле полевой мыши – 0,87 мг/кг (в сухой массе). Эта постоянная площадка наблюдения располагается в 5,2 км от Белорусской АЭС. Во всех остальных случаях свинец в мышцах млекопитающих и птиц в 2018 году не обнаружен.

По сравнению с 2017 годом отмечены различные колебания концентрации тяжелых металлов в тканях птиц и млекопитающих, что соответствует пределам нормы реакции, обусловленных, главным образом, биологическими особенностями конкретных видов и групп позвоночных животных.

В целом за период мониторинга 2017 г. и 2018 г. отмечены низкие значения и незначительные вариации содержания химических загрязнителей (тяжелых металлов) у представителей животного мира, обитающих в естественных лесных сообществах пойменно-русловых экосистемах, естественных луговых ценозах. Напротив, уровень и амплитуда химических загрязнений тканей беспозвоночных и позвоночных животных существенно возрастали у представителей синантропной фауны, обитателей придорожных полос и мелиоративных водоемов.

Список литературы

1. Скребнева Л. А., Билалов Ф. С., Мукминов М. Н., Латыпова В. З., Григорьева И. С. Особенности аккумуляции тяжелых металлов в медоносных пчелах различных временных генераций // Ученые записки Казанского университета. Естественные науки. Том 154, кн. 1. Казань, 2012. С. 133–145.
2. Криволицкий Д. А., Покаржевский А. Д., Сизова М. Г. Почвенная фауна в кадастре животного мира. Ростов-на-Дону: Изд-во РГУ, 1985. 96 с.
3. Покаржевский А. Д. Геохимическая экология наземных животных. М.: Наука, 1985. 300 с.
4. Бутовский Р. О. Тяжелые металлы в наземных членистоногих. 1. Ракообразные, паукообразные, губоногие, кивсяки // Агрохимия. 1993. № 5. С. 104–112.
5. Ван Страален Н. М., Донкер М. Х., Покаржевский А. Д. Механизмы адаптации почвенных членистоногих при загрязнении окружающей среды тяжелыми металлами // Биоиндикация радиоактивного загрязнения. М.: Наука, 1999. С. 281–297.

6. Криволуцкий Д. А. Почвенная фауна в экологическом контроле. М.: Наука, 1994. 269 с.
7. Ганин Г. Н. Пороговый эффект у беспозвоночных при миграции тяжелых металлов в трофической цепи почва–педобионты // Вестник ДВО РАН. 2008. № 1. С. 98–106.
8. Животный мир в зоне аварии Чернобыльской АЭС / под ред. Л. М. Сущени, М. М. Пикулика, А. Е. Пленина. Мн.: Навука і тэхніка, 1995. 263 с.

**RADIATION-CHEMICAL AND ECOLOGICAL-FAUNISTIC MONITORING
OF ANIMALS ON THE BELARUSIAN NUCLEAR POWER PLANT**

V.T. Dziamianchyk¹, H.Z. Hutsava²

¹*The Polesie Agrarian Ecological Institute of the National Academy of Sciences of Belarus, Brest, 224020, Republic Belarus, e-mail: koktebel.by@mail.ru*

²*Institute of Radiobiology of the National Academy of Sciences of Belarus, Gomel, 246007, Republic of Belarus, e-mail: guzewa@mail.ru*

Abstract

The results of the first stages of radiation-chemical and ecological-faunistic monitoring of fauna in the zone of the Belarusian NPP in Ostrovets district of Grodno region are estimated. Indicator groups and species are terrestrial and aquatic invertebrates, *Geotrupes stercorarius*, *Helix pomatia*, *Anodonta anatine*, *Rana temporaria* and *R. arvalis*, *Apodemus agrarius*, *Myodes glareolus*, etc. Values of heavy metals and specific activity of Cs-137 were established.

УДК 621.039

АТОМНЫЕ СТАНЦИИ МАЛОЙ МОЩНОСТИ: БЕЗОПАСНОСТЬ И СТРАХОВАНИЕ ГРАЖДАНСКОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТИ ЗА ЯДЕРНЫЕ РИСКИ

В.Ф. Демин; А.А. Голосная; В.И. Макаров; В.М. Шмелев

*ФБГУ Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт»,
Москва, 123182, Россия, e-mail: vfdemin_kiae@mail.ru*

Интерес к развитию атомной энергетики на основе атомных станций малой мощности (АСММ) постоянно растет в рамках деятельности национальных и международных организаций [1,2]. Растущее внимание к АСММ обусловлено необходимостью развития регионов, локальных социумов и производств, не охваченных централизованным транспортным и энергетическим обеспечением. Актуальны АСММ для Арктики и Арктического шельфа, для отдаленных северо-восточных территорий Российской Федерации [3]. Именно в одно из таких мест, в г. Певек на Чукотке, планируется в 2019 г. морским путем доставить готовый плавучий энергоблок (ПЭБ) «Академик Ломоносов».

Рассматривается возможность и целесообразность размещения АСММ и в других регионах России. На международных форумах в МАГАТЭ представители ряда стран Африки и Азии указывают на потребность их стран именно в АСММ, а не в АЭС большой мощности. В докладе [3] доступный мировой рынок АСММ до 2040 года оценен в 23 ГВт(эл.) при общих затратах около 130 млрд. долл. США на развертывание АСММ.

В России накоплен огромный опыт реализации жизненных циклов от проектирования до утилизации судовых атомных энергетических установок малой мощности. В российской судовой атомной энергетике накопленный интегральный опыт составляет более 6,5 тысяч реакторо-лет, что эквивалентно половине опыта мировой атомной энергетики. Этот опыт в значительной степени отразился в проекте плавучей атомной станции на основе ПЭБ «Академик Ломоносов» [4,5].

Доклад посвящен рассмотрению вопросов развития качества безопасности в проектной линейке реакторных установок КЛТ-40 – РИТМ и обеспечения реального страхования гражданской ответственности за ядерные риски для АСММ на их основе при приемлемых финансовых затратах. В этом рассмотрении авторы в значительной степени основываются на материалах отечественного проекта плавучей АСММ на основе ПЭБ «Академик Ломоносов» с реактором КЛТ-40С, и материалах по сухопутной АСММ с реактором РИТМ-200 [6,7].

Гражданская ответственность за ядерные риски включает только ответственность за ущерб «третьим лицам».

На национальных и международных форумах по развитию малой атомной энергетики в той или иной форме и полноте отмечались и анализировались особенности и преимущества энергопроизводства на АСММ:

- возможность размещения в отдаленных регионах,
- короткий период создания (производства) и модульная структура АСММ,
- наличие потенциала для повышения безопасности и надежности (более эффективная работа пассивных средств безопасности, минимизация логистической компоненты в жизненном цикле АСММ и др.),
- пригодность для неэлектрического применения (производство тепла, опреснение воды и др.) и для замены устаревающих станций на ископаемом топливе;
- уменьшение размеров санитарно-защитной зоны вплоть до границ технологической площадки,

- реальность страхования (полная финансовая ответственность оператора) ущерба третьим лицам от аварии на АСММ при приемлемых финансовых затратах,
- индустриальное серийное производство,
- возможность перемещения атомных станций с малыми модульными реакторами в готовом виде,
- и др.

При сравнении возможного ущерба от АСММ и АЭС большой мощности отмечаются важные технические различия. В частности, имеются конструктивные особенности, которые облегчают противодействие нештатным ситуациям на АСММ, по сравнению с крупными АЭС:

- небольшая мощность остаточного тепловыделения, по сравнению с условиями на реакторах больших АЭС;
- возможность более эффективного использования пассивных свойств безопасности;
- в плавучих АСММ присутствует помимо обычного первичного контейнента дополнительное защитное ограждение в виде прочноплотных стенок отсека;
- относительно небольшое остаточное тепловыделение в малых реакторах позволяет предусмотреть достаточные запасы воды для пассивного расхолаживания активной зоны реактора в течение длительного времени для предотвращения разрушения активной зоны;
- при расплавлении активной зоны небольшой объем расплава и относительно невысокое остаточное тепловыделение определяют относительно низкие тепловые потоки от расплава на днище корпуса реактора, что позволяет успешно решить задачу предотвращения разрушения корпуса реактора и удержания расплава внутри корпуса реактора при охлаждении его снаружи путем заполнения кессона реактора водой в аварийных условиях
- и др.

Удержание расплавленной активной зоны внутри корпуса реактора и ее охлаждение до затвердевания позволяет уменьшить последствия запроектных аварий.

Ниже анализ безопасности сделан по материалам в проектной документации ПЭБ «Академик Ломоносов», обращая особое внимание на оценку последствий проектных и запроектных аварий [4,5].

Для АСММ в силу их конструкционных и эксплуатационных характеристик и особенностей реально может быть обеспечен такой высокий уровень безопасности при любых возможных аварийных ситуациях, включая запроектные аварии, что возможные незначительные радиоактивные газоаэрозольные выбросы через систему вентиляции не могут привести к дозам облучения отдельных лиц из населения выше установленных норм безопасности.

Выполнена экспертная оценка отдельных составляющих возможного ущерба от аварий на АСММ в российских условиях с учетом описанных выше особенностей плавучей АСММ. Более точная оценка возможного ущерба может быть осуществлена при описании конкретного места расположения АСММ. В экспертной оценке учтены следующие составляющие: ущерб здоровью населения, ущерб для имущества юридических и физических лиц, для сельского хозяйства и рыболовства, затраты на дополнительные меры радиационного мониторинга. При любых аварийных ситуациях обеспечивается для населения непревышение предельно допустимых доз.

В таких условиях все указанные компоненты ущерба носят социально-психологический характер. Суммарный ущерб третьим лицам в результате аварии на АСММ оценен равным примерно 500 млн. руб.

Особенности ущерба от ядерной аварии (большая величина возможного ущерба, которую трудно предсказать заранее, очень малая вероятность аварии и др.) порождают свои специфические проблемы страхования гражданской ответственности за

ядерный ущерб и выделяет страхование гражданской ответственности за ядерный ущерб в отдельный вид страхования - ядерное страхование [8].

Очень малая вероятность тяжелой ядерной аварии (менее 10^{-5} /год) создает принципиальную трудность в разработке научно обоснованной системы ядерного страхования.

При таких малых вероятностях и небольшом количестве страхуемых объектов математическое ожидание (МО) ущерба от аварии в год, равное произведению полного ущерба от аварии Z на временную плотность вероятности w (размерность [год⁻¹]) $MO = \sum_i Z_i \cdot w_i$ (сумма по возможным тяжелым авариям) не может быть положено в основу расчета страховой премии из-за очень малой статистической мощности на ограниченном интервале времени.

В таких условиях система страхования формируется с учетом требований законодательства на основе согласования интересов страховщика и страхователя и экспертных заключений с использованием имеющихся данных о безопасности объекта и при участии контролирующих государственных органов.

Особенности ответственности за ядерный ущерб оператора ядерной установки привели к созданию пулинговой формы ядерного страхования – страхование через объединение страховщиков - ядерные страховые пулы. В настоящее время существует 26 национальных ядерных страховых пулов, включая Российский ядерный страховой пул (РЯСП) [8].

В настоящее время в Российской Федерации в соответствии с российским законодательством и ратифицированной в 2005 г. Венской конвенцией 1963 г.:

- 1) ответственность за ядерный ущерб несет оператор АЭС;
- 2) минимальная сумма финансового обеспечения ответственности составляет 12,3 млрд. руб. (начало 2019 г.);
- 3) превышение ущерба при ядерной аварии над пределом ответственности по осуществленному страхованию покрывает государство.

Тарифная ставка на один блок (доля в процентах от предела ответственности оператора за ущерб) устанавливается согласованием между РЯСП и Концерном «Росэнергоатом». На конец 2018 г. она в среднем равнялась 0,155 % [8].

Если исходить из этой величины, годовой наработки электроэнергии на блоке АСММ электрической мощностью порядка 50 МВт(эл.) с коэффициентом использования установленной мощности 90 % и величины страхуемого суммарного ущерба от аварии в 500 млн. руб, то нетрудно получить, что затраты на страхование ущерба третьим лицам от аварии на АСММ составят примерно 0,2 коп/кВт-час.

Осуществляются новые проектные разработки по реакторам малой мощности, в которых предусматриваются дополнительные конструктивные решения, повышающие безопасность АСММ. Например, реактор РИТМ-200, предназначенный для универсального атомного ледокола, вводимого в ближайшее время в эксплуатацию, может быть использован с дополнительными конструктивными изменениями как для наземной, так и плавучей АСММ.

Отметим следующие проектные решения, реализуемые в реакторе РИТМ-200 для АСММ [6,7]:

- интегральная компоновка реакторной установки (РУ): активная зона и парогенератор размещены в едином прочном корпусе;
- компактность РУ интегрального типа (масса в 1,7 раз, площадь РУ в защитной оболочке в 2,6 меньше аналогичных показателей РУ КЛТ-40С);
- обогащение урана до 20 %;
- меньшая энергонапряженность активной зоны;
- высокая маневренность РУ (как и у всех судовых установок);
- увеличенная в 2-3,5 раза по сравнению с КЛТ-40С кампания активной зоны;

- высокий уровень безопасности: санитарно-защитная зона не выходит за пределы промплощадки;
- вероятность тяжелых аварий не превышает 10^{-6} на реактор в 1 год;
- и др.

При разработке проекта плавучей АС ММ с реактором РИТМ-200М предполагается обеспечить отсутствие хранилища с ОЯТ и перегрузки топлива на борту. Перегрузка топлива планируется осуществлять только на специализированном заводе после завершения кампании продолжительностью 8 - 10 лет [9].

Опыт эксплуатации реакторов малой мощности на атомных ледоколах, технический проект ПЭБ «Академик Ломоносов», включая отчет по обоснованию безопасности, завершение строительства ПЭБ «Академик Ломоносов», развитие промышленности по производству оборудования для судовых ядерных реакторов малой мощности, новые проектные наработки по АСММ позволяют сделать вывод о возможности обеспечить в будущем:

- достижение практически гарантированной безопасности АСММ для окружающей среды и населения в штатном режиме работы и при возможных проектных и за-проектных авариях, понимая под этим неразрушение корпуса реактора при потере принудительного охлаждения и обеспечение физической сохранности, по крайней мере, 2-х последних барьеров безопасности;

- реальное страхование гражданской ответственности за ядерные риски от АСММ при приемлемых финансовых затратах.

Накапливаемый опыт проектирования и эксплуатации реакторов для АСММ со временем может привести к изменению структуры атомной энергетики в сторону более широкого использования АСММ в общем объеме производства энергии на атомных станциях. Одним из главных факторов, влияющих на такое изменение, является описанное выше качество высокой безопасности АСММ, исключающее возможность аварий с катастрофическими последствиями для окружающей среды и населения.

Список литературы:

1. Международный проект ИНПРО. Задача «Правовое и институциональное обеспечение атомной энергетики на основе транспортабельных атомных энергетических установок». Выпуск 1. Брошюра РНЦ «Курчатовский институт». - М. 2009.
2. IAEA report “Legal and Institutional Issues of Transportable Nuclear Power Plants. A Preliminary Study”. - 2013, № NG-T-3.5.
3. Сиразетдинов О.В. Оценка основных аспектов конкурентоспособности АСММ с РУ РИТМ-200 на российском и зарубежном рынках. Доклад на совместном заседании НТС № 1 Госкорпорации «Росатом» и НТС АО «Концерн Росэнергоатом», 14.11.2018; «Росатом», 2018.
4. Технический отчет по обоснованию безопасности ядерной энергетической установки плавучего энергоблока проекта 20870. ОАО “Концерн “Росэнергоатом”, ОАО “ЦКБ “Айсберг”, ЗАО “Атомэнерго”, ОАО «ОКБМ Африкантов». -2011. - 399 с.
5. Технический отчет «Вероятностный анализ безопасности первого уровня энергоблока ПАТЭС на базе РУ КЛТ-40С», ОАО «ОКБМ Африкантов». - 2012.
6. Синюшин Д.К. Обликовый проект АСММ на базе реакторной установки РИТМ-200. Доклад на совместном заседании НТС № 1 Госкорпорации «Росатом» и НТС АО «Концерн Росэнергоатом», 14.11.2018; АО «ГСПИ», 2018.
7. Петрунин В.В. Реакторная установка РИТМ-200 для АСММ. Основные проектные положения и показатели. Доклад на совместном заседании НТС № 1 Госкорпорации «Росатом» и НТС АО «Концерн Росэнергоатом», 14.11.2018; ОКБМ, Атомэнергомаш, 2018.
8. Российский ядерный страховой пул. 20 лет. РЯСП. - 2018, 159 с.

9. V.F. Demin, V.P. Kuznetsov. Issues of Insurance of Civil Liability for Nuclear Damage from Nuclear Low Power Plants. In Proceedings of the ASME 2014 Small Modular Reactors Symposium SMR2014, April 15-17, 2014, WASHINGTON, D.C. USA; SMR2014-3348.

**NUCLEAR LOW POWER PLANTS: SAFETY AND INSURANCE
OF CIVIL LIABILITY FOR NUCLEAR DAMAGE**

V.F. Demin, A.A. Golosnaya, V.I. Makarov, V.M. Shmelev
National Research Center "Kurchatov Institute", Moscow, Russia
e-mail: vfdemin_kiae@mail.ru

Abstract

The peculiar properties and benefits of energy production at LPNPs are considered, including: the possibility of locating in remote regions; the short period of production and the modular structure of LPNPs; availability of capacity to increase safety and reliability; suitability for non-electrical applications (heat production, water desalination, etc.) and for replacement of aging stations with fossil fuels; the practical absence of greenhouse gas emissions; reducing the size of the sanitary protection zone up to the boundaries of the technological site; the reality of insurance (full financial responsibility of the operator) of damage to third parties from an accident at LPNP at acceptable financial costs; industrial serial production; possibility of transportation of nuclear power plants with small modular reactors in the made form, etc.

The growing attention to ASMMs is due to the need to develop regions, local societies and industries, that are not covered by centralized transport and energy supply. Available world market of LPNP until 2040 is estimated at 23 GW(e). A comparative analysis of the technical characteristics of LPNPs and high-power NPPs from the standpoint of safety is made. Basing on the design documentation of the floating power unit (FPU) "Akademik Lomonosov", the results of safety analysis of LPNPs are given, with particular attention to assessing the consequences of design and beyond design basis accidents, in terms of probabilistic safety analysis and assessment of the maximum possible damage to third parties. The maximum possible damage for third parties from severe accidents is estimated to be about 0.5 billion rubles, which is hundreds of times less than damage from a catastrophic accident at modern large NPP. Estimated costs for insurance of damage to third parties from an accident at LPNP will not exceed 1 kopeck / kWh. Possible approaches to insurance of civil liability for nuclear risks and aspects of the legal support are considered.

The results of the analysis allow concluding that it is possible to provide in the future: the achievement of practically assured safety of the LPNPs for the environment and the population in normal operation and with possible design and beyond design basis accidents; real insurance of civil liability for nuclear risks against LPNPs at acceptable financial costs.

ПОСТРАДИАЦИОННЫЕ ЭФФЕКТЫ В ТОПЛИВАХ

Л.Ю. Джаббарова, И.И. Мустафаев

*Институт Радиационных Проблем НАН Азербайджана,
Баку, AZ 1143, Азербайджан, e-mail: clala@mail.ru, imustafayev@mail.ru*

Прогресс в некоторых новейших областях техники определяется в значительной степени способностью материалов работать в условиях облучения. При этом практика диктует необходимость испытывать материалы на радиационную стойкость для выяснения пределов их применимости и возможности использовать излучение как технологический фактор для улучшения свойств материалов. Практические аспекты влияния ионизирующего излучения на топлива и гидравлические жидкости относятся, главным образом, к ядерным реакторам. В стационарном энергетическом реакторе, в ядерных силовых установках таких транспортных средств, как подводные и надводные суда, можно обеспечить оптимальную защиту, поэтому применительно к смазочным материалам или жидкостям проблема радиационной стойкости возникает только в тех случаях, когда они находятся вблизи активной зоны. Методы, применяемые для определения радиационной стабильности, основаны на облучении продукта и последующем определении происшедших в нем изменений. Связь между химическим составом топлива и его способностью сохранять свои свойства в условиях хранения и эксплуатации еще недостаточно хорошо изучена. Известно, что основной причиной малой стабильности является наличие в топливе непредельных соединений. Влияние радиационного излучения на нефтяные топлива ранее были представлены в работах [1-4]. Целью данной работы является исследование влияния радиационного излучения на некоторые технические характеристики бензина.

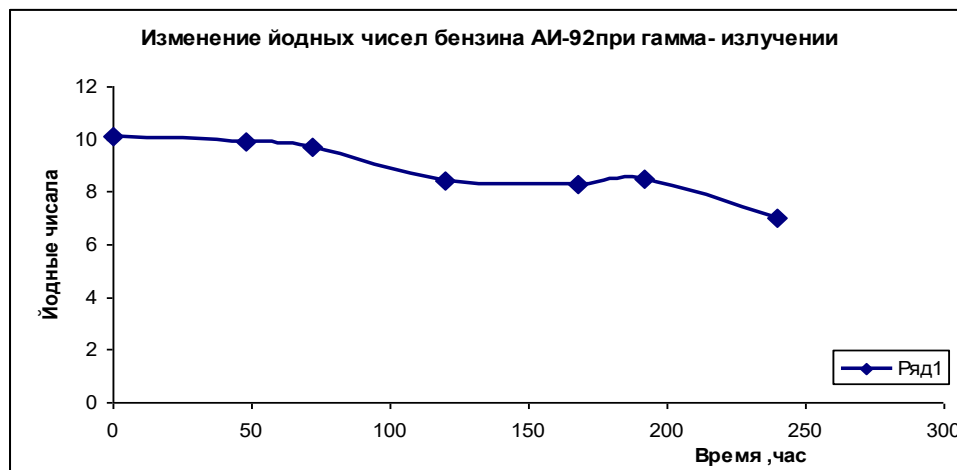
Образцы топлив по 100 мл в колбах облучали на гамма-источнике ^{60}Co типа МРХ γ -30 мощностью дозы $P = 0.18$ Гр/с при поглощенных дозах $D = 15-150$ кГр. Вязкость определяли по ГОСТ 33-66 вискозиметрами типа ВПЖ-2, соответствующими ГОСТу 10028-81. Йодные числа определялись на спектрометре BRUKER МРА. Плотность определяли пикнометрами по ГОСТ 3900–85. Были исследованы влияние поглощенной дозы излучения на изменение вязкости, плотности и йодных чисел бензина АИ-92 до и после гамма-излучения в различных интервалах времени.

Структурирование физически проявляется в жидкостях в изменении вязкости и плотности. Плотность косвенно характеризует химические свойства топлива, фракционный состав и испаряемость. Плотность исходного бензина АИ-92 $0,725$ г/см³. На рис.1 (а, б, с) приведены изменения йодных чисел, вязкости и плотности бензина до и после радиационного излучения при различных поглощенных дозах сразу после облучения.

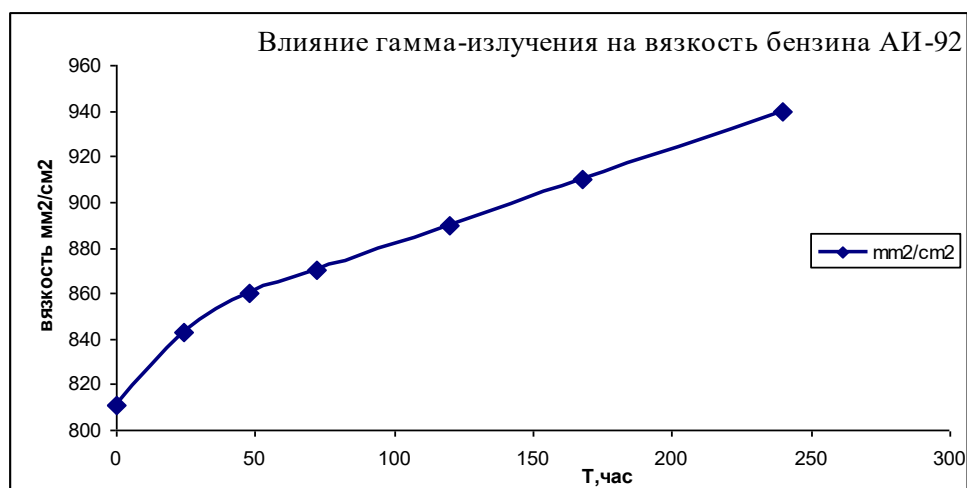
На рис.2 (а, б, с) приведены изменения йодных чисел, вязкости и плотности бензина после радиационного излучения при различных поглощенных дозах после 4 месяцев после облучения.

Выяснение влияния облучения на общий состав топлив – очень важная задача любого исследования, направленного на установление связи между требованиями к составу топлива и его радиационной стойкостью. При исследовании влияния ионизирующего излучения на органические материалы выделяют два периода - сразу после облучения и послерадиационный эффект. Изменения, происходящие в момент облучения могут иметь обратимый или необратимый характер. Обратимые эффекты зависят от мощности дозы. Необратимые изменения свойств материалов зависят от поглощенной дозы, температуры и сохраняются после облучения, вызывая химические превращения молекул. Процессы, возникшие в связи с радиолизом, могут еще

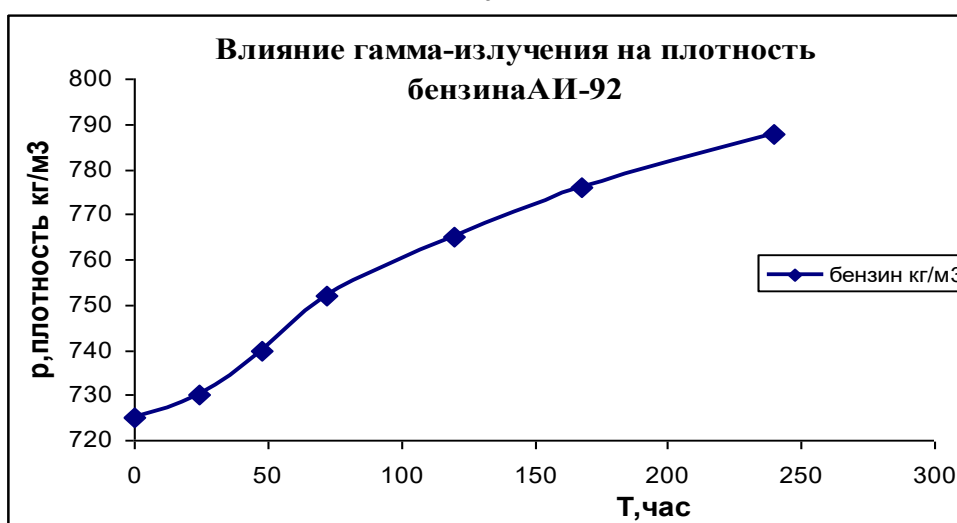
долго развиваться после прекращения облучения, что приводит к изменению состава топлива. В результате этого при температуре окружающего воздуха эксплуатационные свойства топлива ухудшаются. К настоящему времени опубликовано большое количество работ, посвященных изучению действия ионизирующих излучений на различные углеводороды, минеральные и синтетические масла и смазки [5-10], что позволило установить общие закономерности радиолитического разложения органических материалов.



а

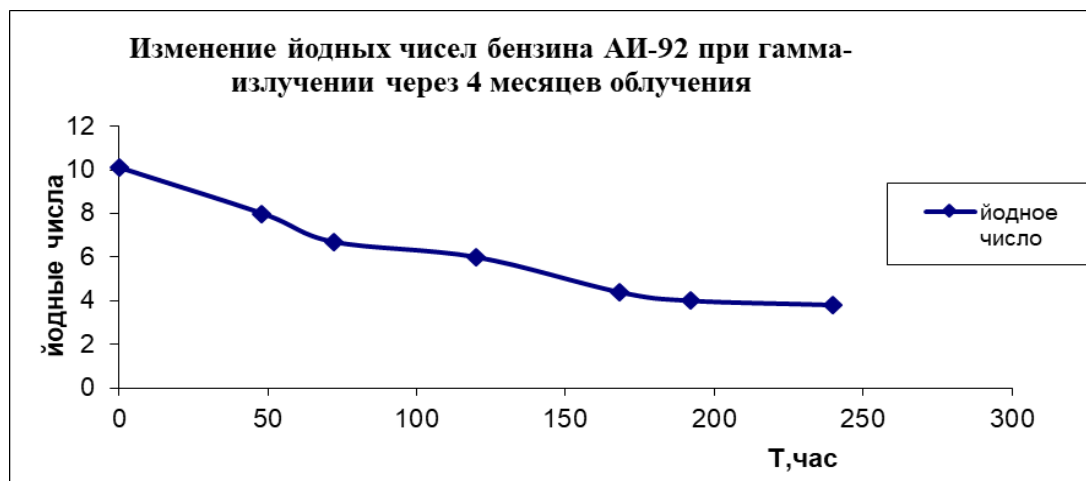


б

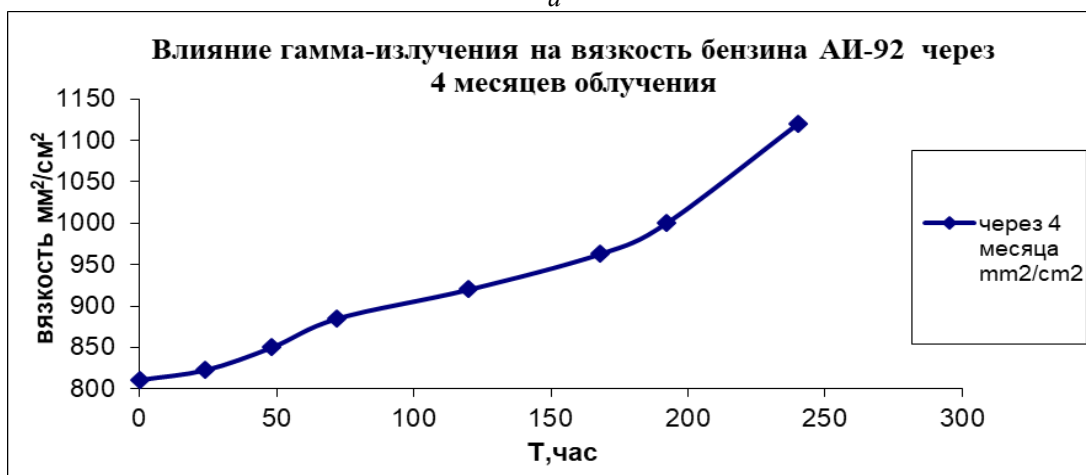


в

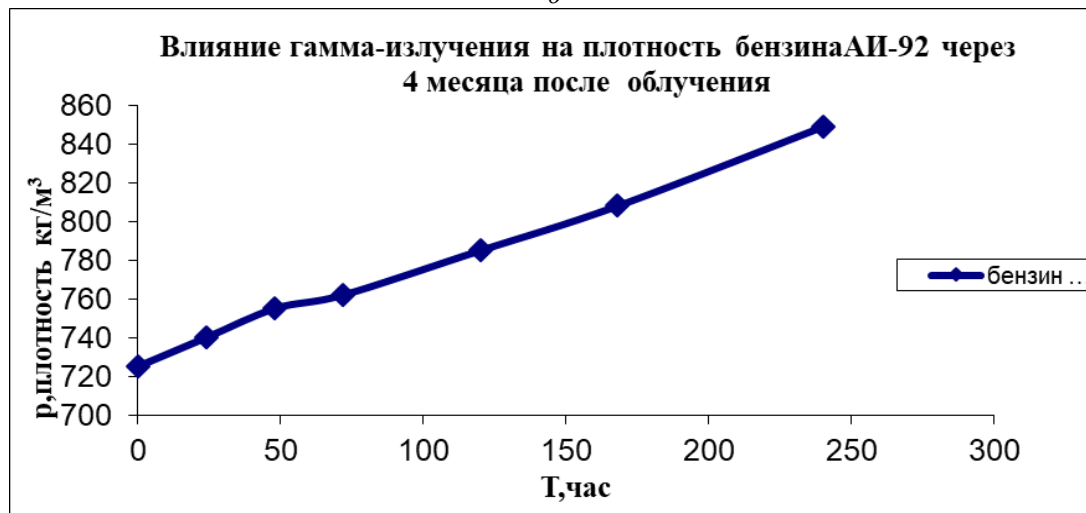
Рис.1. (а, б, в) Изменения йодных чисел, вязкости и плотности бензина до и после радиационного излучения при различных поглощенных дозах.



а



б



с

Рис. 2. (а, б, с) Изменение свойств бензина АИ-92 после 4-х месяцев облучения при различных поглощенных дозах.

В условиях наших экспериментов при облучении бензина при мощности дозы $P=0.18$ Гр/с гамма-источником ^{60}Co при комнатной температуре и различных поглощенных дозах $D=15-150$ кГр ухудшаются все основные характеристики – плотность, вязкость, йодные числа. Как видно из рис. 1 и 2, с увеличением поглощенной дозы и времени облучения вязкость и плотность топлив увеличиваются.

Плотность косвенно характеризует химические свойства топлива, фракционный состав и испаряемость. Увеличение плотности бензина при радиационном излучении влияет на характеристики выхлопных газов. Топлива высокой плотности, вследствие

большой дальнобойности топливного факела, попадая на днище поршня и зеркало цилиндра, способствуют увеличению скорости изнашивания деталей, повышению нагароотложений и тепловых напряжений. Количество разложившегося углеводорода увеличивается с увеличением интенсивности облучения и суммарной дозы облучения.

Одной из важных характеристик топлива является вязкость. Если вязкость будет выше или ниже установленных пределов, то работа топливоподающей аппаратуры нарушится, после чего нарушится смесеобразование и сгорание топлива. Вязкость изменяется тем сильнее, чем выше вязкость исходного материала и чем больше поглощенная доза излучения. Стабильность топлива определяется содержанием в нем нестабильных продуктов, оцениваемых величиной йодного числа и фактических смол. Почти для всех светлых топлив нормируется йодное число, как показатель наличия в них непредельных углеводородов, обуславливающих химическую нестойкость этих продуктов. Все углеводороды жирного ряда малоустойчивы к действию излучения. Под действием радиоактивных излучений происходит одновременно структурирование органических веществ - сшивание линейных молекул или полимеризация, ведущая к увеличению молекулярного веса, и их расщепление, сопровождающееся уменьшением молекулярного веса. В той или иной степени расщепление протекает всегда, поскольку при радиолизе всех органических веществ выделяется газ.

Течение процессов зависит от температуры и поглощенной дозы излучения. Путем изменения углеводородного состава нефтепродуктов за счет незначительных изменений состава следует подобрать такой состав топлив, который будет лучше противостоят действию радиоактивного облучения.

Список литературы:

1. Л.Ю. Джаббарова, И.И. Мустафаев / Высокотемпературный радиолиз дизельного топлива. //Ж. Прикл. Спектроскопия. Т. 85, -№ 4, 2018. - С. 634-638.
2. L. Jabbarova, I. Mustafayev. / Researches of Impact of Ionizing Radiation on Some Characteristics of Diesel Fuel. //J. of Energy, Environmental & Chemical Engineering. USA, -V. 2, Issue 4, - 2017, - pp. 41-45.
3. Л.Ю. Джаббарова, И. И. Мустафаев, С.З. Меликова / Влияние радиационного излучения на нефтяные топлива. // «Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований», НИЦ "Академия Естествознания", Москва, № 7 (ч. 2) -2017, - с. 239-243.
4. L. Jabbarova, I. Mustafayev. / Influence of a Radiation on Technical and Operational Qualities of Gasoline // Journal of Energy, Environmental & Chemical Engineering. USA. Vol. 2, -No. 4, -2017. - pp. 62-66.
5. Денисов А.В., Дубровский В.Б., Соловьев В.Н./Радиационная стойкость минеральных и полимерных строительных материалов. //М.: Изд. МЭИ, -2012. - 384 с.
6. Ponomarev A.V., Holodkova E.M, Ershov V.G. /Electron-beam synthesis of fuel in the gas phase.//Radiation Physics and Chemistry. - 2012, V 81, Issue 9, - p. 1440-1444.
7. Пономарев А.В, Цивадзе А.Ю./ Преобразование газообразных алканов в жидкие при электронном облучении.//Доклады Академии наук, - 2006, Том: 411, №5. - С. 652-658.
8. Филатов И.Е., Первова М.Г. /Исследование продуктов взаимодействия импульсного пучка электронов с жидкими углеводородами и галогенопроизводными методом хроматомасс-спектропии // Горение и плазмохимия. - 2011, - том 9, № 3. - С. 227 – 232.
9. Пономарев А.В., Першуков В.А., Смирнов В.П. Перспективы применения электронных пучков в переработке углеводородов газа и нефти // Ядерная Физика и

Инжиниринг. МАИК "Наука/Интерпериодика" (М.) – 2014 , Том: 5. - № 11-12. - С. 1001.

10. Ибадов Н.А., Сулейманов Б.А., Гурбанов М.А., Абдуллаев Э.Т., Аббасова Д.Р. / Радиолитическое разложение полиароматических углеводородов в органических растворителях.// Международный научный журнал «Альтернативная Энергетика и Экология» Изд: Научно-технический центр "ТАТА" - 2009, №5 (73) – С. 22-26.

POST-RADIATION EFFECTS IN FUELS

L.Y. Jabbarova, I.I. Mustafayev

Institute of Radiation Problems of ANAS

Баку, AZ 1143, e-mail: clala@mail.ru, imustafayev@mail.ru

Abstract

As the object of study used samples of gasoline AI-92. Laboratory researches were conducted on gamma source Co^{60} at the power of dose $P = 0.18$ Gy/s, at the room temperature and at various absorbed doses $D=15-150$ KGy. Investigated impact of radiation on operational characteristics of fuel in static conditions before and after irradiation. Results of such researches allow to estimate radiation stability of fuels, to find out influence of radiation on the general composition of fuels and possible changes of fuels qualities.

ВЛИЯНИЕ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ НА СМЕСИ УГЛЕВОДОРОДОВ ГЕКСАН-ГЕКСЕН

Л.Ю. Джаббарова, И.И. Мустафаев, С. Меликова, Р.Я. Акберов

¹Институт Радиационных Проблем НАН Азербайджана,
Баку, AZ 1143, Азербайджан, e-mail: clala@mail.ru

С каждым годом расширяется применение органических материалов - полимеров, смазок, топлив, теплоносителей в таких условиях эксплуатации, когда они подвергаются воздействию ионизирующих излучений, в условиях работы атомных и термоядерных реакторов, ускорителей электронов, установок с радионуклидами, в условиях космического пространства. Все углеводороды жирного ряда малоустойчивы к действию излучения. Под действием радиоактивных излучений происходит одновременно структурирование органических веществ -полимеризация, ведущая к увеличению молекулярного веса и их расщепление. В той или иной степени расщепление протекает всегда, поскольку при радиоллизе всех органических веществ выделяется газ. Известно, что основной причиной малой стабильности является наличие в топливе непредельных соединений, а также таких легкоокисляющихся соединений, как меркаптаны, определяется химическая стабильность топлив при длительном хранении. Радиолиз различных углеводородных топлив были представлены ранее в работах [1-3]. Целью данной работы является исследование влияния ионизирующего излучения на смеси гексен-гексан при различных концентрациях.

Образцы смесей углеводородов гексан-гексен с различными концентрациями (5,10,20,40%) в колбах облучали при комнатной температуре на гамма-источнике ⁶⁰Со при мощности дозы Р=0,10 Гр/с в пределах поглощенных доз: 34-103 кГр. Были исследованы влияние поглощенной дозы излучения на изменение свойств облучаемого объекта. Вязкость определяли по ГОСТ 33-66 вискозиметрами типа ВПЖ-2 соответствующие ГОСТу 10028-81. Плотность определяли пикнометрами по ГОСТ 3900-85. ИК спектры поглощения образцов в виде пленок толщиной d = 1 зарегистрированы на спектрометре Varian 640-IR (Varian) в диапазоне частот 4000—400 см⁻¹. Отнесение полос проведено, как в [4]. Влияние гамма-излучения на плотность и вязкость смеси гексан-гексен при различных концентрациях (%) и различных поглощенных дозах представлен на рис. 1 а,б.

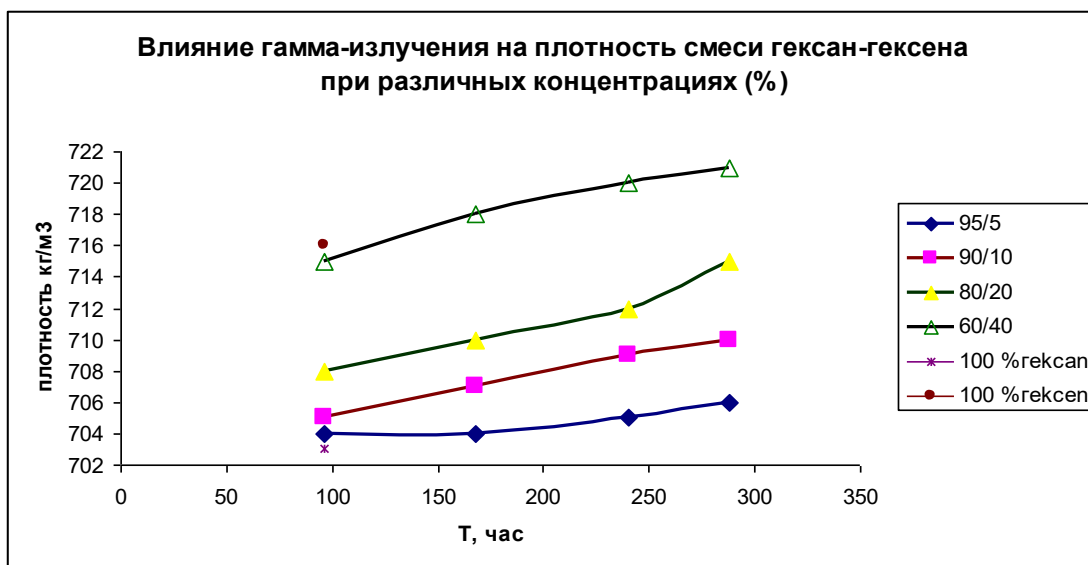
ИК-спектры исходных и облученных смесей гексан-гексен (5% гексен+95% гексан) приведены на рис. 2.

В исходной смеси (5%) гексан-гексен наблюдаются полосы деформационных колебаний групп -СН₃ 1376-1380 см⁻¹ и колебания связей С-Н в алканах 1470-1435 см⁻¹; 2885-2860 см⁻¹; 2975-2950 см⁻¹. Наблюдаются 2240-2200 см⁻¹-поглощение в алкинах и (2860-2960) см⁻¹- валентные колебания СН₃. Внеплоскостные деформационные колебания С-Н группы в области 1000-650 см⁻¹ а также 3400-3200 см⁻¹-валентные колебания N-H.

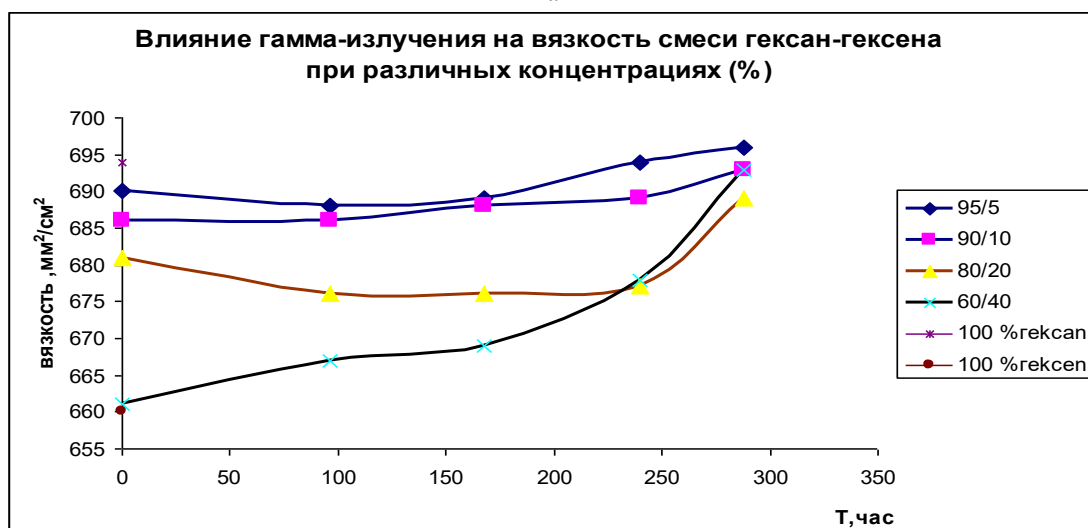
После облучения 96 час. (5% смеси гексан-гексен) 1465-1440см⁻¹; 2885-2860 см⁻¹; 2975-2950 см⁻¹- интенсивность колебания связей С-Н в алканах уменьшаются в два раза. А также уменьшаются 3400-3200 см⁻¹-валентные колебания N-H. После облучения (5% 288 час) еще больше уменьшаются 3400-3200 см⁻¹-валентные колебания N-H. С увеличением поглощенной дозы уменьшаются интенсивность 2240-2200 см⁻¹-поглощение в алкинах.

В исходной смеси (5%) гексан-гексен наблюдаются полосы деформационных колебаний групп -СН₃ 1376-1380 см⁻¹ и колебания связей С-Н в алканах 1470-1435 см⁻¹; 2885-2860 см⁻¹; 2975-2950 см⁻¹. Наблюдаются 2240-2200 см⁻¹-поглощение в ал-

кинах и (2860-2960) см^{-1} - валентные колебания СН_3 . Внеплоскостные деформационные колебания С-Н группы в области 1000-650 см^{-1} а также 3400-3200 см^{-1} -валентные колебания N-H .



а



б

Рис. 1. (а, б) Влияние гамма-излучения на плотность и вязкость смеси гексан-гексен при различных концентрациях (%) при различных поглощенных дозах.

После облучения 96 час. (5% смеси гексан-гексен) 1465-1440 см^{-1} ; 2885-2860 см^{-1} ; 2975-2950 см^{-1} - интенсивность колебания связей С-Н в алканах уменьшаются в два раза. А также уменьшаются 3400-3200 см^{-1} -валентные колебания N-H . После облучения (5% 288 час) еще больше уменьшаются 3400-3200 см^{-1} -валентные колебания N-H . С увеличением поглощенной дозы уменьшаются интенсивность 2240-2200 см^{-1} - поглощение в алкинах.

Изучение радиолитических смесей дает возможность сделать выводы о характере основных радиационно-химических процессов, их относительной скорости и образующихся продуктах. Под действием радиоактивных излучений происходит одновременно структурирование органических веществ и их расщепление.

В алканах и алкенах одна из важнейших реакций разложения возбужденных молекул, образующихся при радиолитическом разложении, является диссоциация связей С-Н , приводящая к появлению водорода. Наиболее характерные реакции алкенов объясняются высокой реакционной способностью двойной связи.

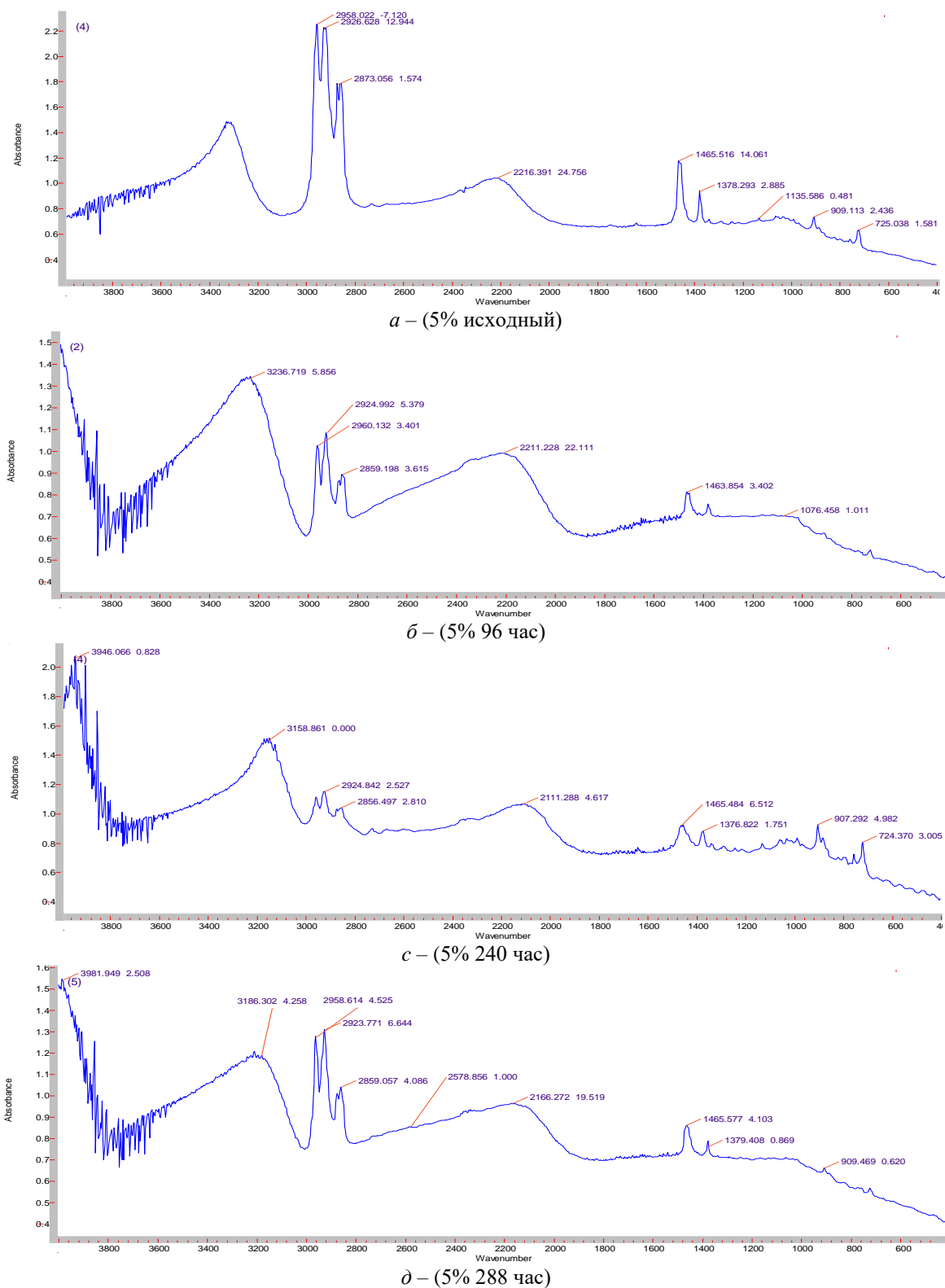


Рис.2. ИК-спектры исходных(а) и облученных(б,с,д) смесей гексан-гексен (5% гексен+95% гексан) при различных поглощенных дозах.

Облучение ненасыщенных углеводородов приводит к реакциям присоединения и полимеризации. Механизм дегидрирования алкенов при облучении отличаются от механизма в случае алканов, так как π -связь – весьма селективный акцептор энергии [5].

Радиолиз алканов приводит к образованию в малых количествах нескольких углеводородов - насыщенных и ненасыщенных, причем выходы насыщенных выше,

чем выходы ненасыщенных. Структурирование физически проявляется в органических жидкостях в изменении вязкости и плотности.

Наличием непредельных углеводородов в топливе определяется химическая стабильность топлив при длительном хранении. Под влиянием температуры, кислорода воздуха, действия металлов, света и радиации непредельные углеводороды быстро окисляются и полимеризуются. При радиоллизе насыщенных углеводородов выходы некоторых продуктов не зависят от дозы, тогда как выходы других продуктов могут увеличиваться или уменьшаться при увеличении дозы. Это происходит из-за протекания вторичных реакций ненасыщенных углеводородов, накапливающихся при облучении. В топливах, содержащих большое количество непредельных углеводородов, в процессе хранения несколько увеличивается коксуемость и ухудшается цвет. Более того, их испарение в атмосферу, как химически активных веществ, способствует образованию озона, а их продукты горения образуют токсичные диены.

К настоящему времени опубликовано большое количество работ, посвященных изучению действия ионизирующих излучений на различные углеводороды, минеральные и синтетические масла и смазки [6-10], что позволило установить общие закономерности радиоллиза органических материалов. В условиях наших экспериментов при облучении смеси гексан-гексена в различных концентрациях при мощности дозы $P=0.10$ Гр/с гамма-источника ^{60}Co , при комнатной температуре и при различных интервалах поглощенных доз $D=34-103$ кГр, увеличиваются плотность и вязкость смеси. Плотность косвенно характеризует химические свойства топлива, фракционный состав и испаряемость. Одним из важных характеристик топлива является вязкость. Если вязкость будет выше или ниже установленных пределов, то работа топливopодающей аппаратуры нарушится, после чего нарушится смесеобразование и сгорание топлива. Вязкость изменяется тем сильнее, чем выше вязкость исходного материала и чем больше поглощенная доза излучения.

Процессы, возникшие в связи с радиоллизом, могут еще долго развиваться после прекращения облучения, что приводит к изменению состава смеси. Основной причиной малой стабильности углеводородов топлив является наличие непредельных соединений. Легкоокисляющиеся соединения, такие как меркаптаны, влияют на химическую стабильность топлив при длительном хранении. В топливах, содержащих большое количество непредельных углеводородов, в процессе хранения несколько увеличивается коксуемость и ухудшается цвет.

Список литературы:

1. Л.Ю. Джаббарова, И. И. Мустафаев //Журнал Прикладная Спектроскопия.Т. 85, -№ 4 , -2018,- С. 634-638..
2. L. Jabbarova, I. Mustafayev. Influence of a Radiation on Technical and Operational Qualities of Gasoline. J. of Energy, Environ. & Chemical Engineering. USA. Vol. 2, No. 4, 2017, pp. 62-66.
3. L. Y. Jabbarova, I. I. Mustafayev. J. Energy, Environ. Chem. Eng. USA, 2,N 4 (2017) 41-45.
4. К. Наканиси. Инфракрасные спектры и строение органических соединений, пер. с англ., Москва, Мир (1985).
5. Радиационная химия углеводородов. Под ред. Г.Фельдиака.- М.: Энергоатомиздат 1985- 302 с.
6. Пономарев А.В., Першуков В.А., Смирнов В.П. Перспективы применения электронных пучков в переработке углеводородов газа и нефти // Ядерная Физика и Инжиниринг. МАИК "Наука/Интерпериодика" (М.) -2014 , -Том: 5.-Но: 11-12, - С.1001.
7. Ибадов Н. А., Сулейманов Б. А., Гурбанов М. А., Абдуллаев Э. Т., Аббасова Д. Р. / Радиолитическое разложение полиароматических углеводородов в органических растворителях.// Международный научный журнал «Альтернативная Энер-

- гетика и Экология» Изд: Научно-технический центр "ТАТА"- 2009 , -№5 (73) – С. 22-26.
8. Ponomarev A.V., Holodkova E.M, Ershov B.G. /Electron-beam synthesis of fuel in the gas phase.//Radiation Physics and Chemistry. - 2012, -V 81, Issue 9, -P. 1440-1444.
 9. Пономарев А.В, Цивадзе А.Ю./ Преобразование газообразных алканов в жидкие при электронном облучении.//Доклады Академии наук, - 2006, Том: 411,- №5 ,- С. 652-658.
 10. Филатов И.Е., Первова М.Г./ Исследование продуктов взаимодействия импульсного пучка электронов с жидкими углеводородами и галогенопроизводными методом хроматомасс-спектрокопии // Горение и плазмохимия. - 2011, - том 9, - № 3, - С. 227 – 232.

**INFLUENCES OF GAMMA RADIATION ON MIXES
OF HYDROCARBONS HEXANE- HEXENE**

L.Y. Jabbarova, I.I. Mustafayev, S. Melikova, R.Y. Akberov

Institute of Radiation Problems of NAN of Azerbaijan, Baku, AZ 1143

e-mail: clala@mail.ru

Abstract

Object of research was used hexane-hexene. Laboratory researches were conducted on gamma source ^{60}Co at the power of dose of $P = 0.10 \text{ Gy/s}$ at various absorbed doses $D=34-103\text{KGy}$. Impact of ionizing radiation on structural and group composition of mix hexane - hexene in static conditions on a usual technique before radiation was investigated. Density, viscosity before radiation at various absorbed mix doses are determined hexane- hexene. The processes which arose in connection with radiolysis can develop after the radiation termination for a long time that leads to change of composition of fuel.

**ДОЗА - ЗАВИСИМОЕ ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ПРОЛИНА
В РОДИТЕЛЬСКОМ И ПЕРВОМ ПОКОЛЕНИИ *CUCUMIS SATIVUS L.*,
СЕМЕНА КОТОРОГО ПОДВЕРГЛИСЬ ПРЕДПОСЕВНОМУ
 γ – ОБЛУЧЕНИЮ**

Э.С. Джафаров¹, К. Г. Караева¹, Г.Г. Бабаев²

¹*Институт Радиационных Проблем Национальной Академии Наук Азербайджана,
Баку, Азербайджан, e-mail: e_dzhafarov@rambler.ru*

²*Институт Молекулярной биологии и биотехнологии Национальной Академии
Наук Азербайджана, Баку, Азербайджан*

Как известно, активация антиоксидантной системы защиты является нормальной ответной реакцией растений к неблагоприятным условиям. В таких условиях для нейтрализации активных форм кислорода (в том числе, свободных радикалов) кроме антиоксидантных ферментов немаловажную роль играют и низкомолекулярные антиоксиданты. Другими словами, необходимость защиты растений от повреждающего воздействия стрессовых факторов обуславливает возникновение у растений ряда процессов, приводящих к синтезу и накоплению защитных элементов. Показано, что пролин, являясь одним из ключевых низкомолекулярных антиоксидантов, играет важную защитную роль в жизни растений [1].

Показано, что содержание пролина многократно увеличивается в стрессовых условиях, таких как засоленность, засуха, загрязнение тяжелыми металлами [2,3]. Радиоактивное излучение при этом не составляет исключения. Показано, что при радиационном воздействии усиливается биосинтез низкомолекулярных антиоксидантов [4].

Увеличение содержания пролина в стрессовых условиях для многих растений связывают как усилением его синтеза, так и уменьшением его деградации. Аналогичным образом, предполагают, что снижение уровня пролина является результатом уменьшения регуляции ферментного пути биосинтеза пролина, или же усиления регуляции ферментов, разрушающих пролин [5].

Следует отметить, что, несмотря на многочисленность исследований роль пролина в стрессовых условиях разного рода еще не изучено достаточно. Кроме того, роль пролина при развитии растения и молекулярная основа эффекта его накопления в стрессовых условиях все еще недостаточно ясна.

По этой причине изучение защитной роли пролина в разных стрессовых условиях для разных растений имеет как научную, так и практическую значимость. Так как исследования, проводимые в этом направлении, позволят понять механизм адаптации растений к стрессовым условиям, сохранение биоразнообразия и раскроют большие перспективы для сельского хозяйства.

Предполагают, что пролин играет различную роль в условиях осмотического стресса, включая стабилизацию белков, мембран, субклеточных структур [6], а также роль защиты клеточных функций путем удаления активных форм кислорода [7]. Отмечают, что в накоплении пролина в растениях немаловажную роль играют также аспекты сигнальных процессов [8].

Более того, было показано влияние пролина на активности ряда ферментов антиоксидантной системы защиты. Другими словами, пролин, обладающий способностью нейтрализовать активные формы кислорода, вовлекается и в регуляцию активности антиоксидантных ферментов [9, 10].

Учитывая вышеизложенное, в представленной работе мы попытались выяснить защитную роль пролина при предпосевном облучении семян, как в родительском, так и в следующем поколении *Cucumis sativus L.* (огурец обыкновенный).

Содержание свободного пролина в свежем растительном материале определяли с помощью метода Bates с соавт. [11]. При этом растительный материал гомогенизировали в 3% -ной водной сульфосалициловой кислоте. Гомогенат фильтровали и осаждали в центрифуге в течение 15 минут при 1000 g. К фильтрату приливали нингидриновый реактив, приготовленный без нагревания (1,25 г нингидрина, 30 мл ледяной уксусной кислоты, 20 мл 6 М раствора H₃PO₄) и 2,0 мл ледяной уксусной кислоты. Реакционную смесь инкубировали в течение 1 ч на водяной бане при 100⁰C, после чего быстро охлаждали до комнатной температуры. После охлаждения в каждую пробирку добавляли 4 мл толуола, взбалтывали 30 с и дали отстояться. Через 15 мин верхний слой толуола, в который переходил весь краситель, отделяли от водной фазы. Интенсивность окраски (оптическая плотность продуктов реакции) измеряли на спектрофотометре при длине волны 520 нм против толуола.

Содержание пролина определяли по калибровочной кривой, построенной с использованием набора стандартных растворов в 3 % сульфосалициловой кислоте. Полученные данные выражали в мкг пролина в расчете на 1 г сырой массы.

Результаты по содержанию пролина в листьях родительского растения *Cucumis sativus* L. представлены на рисунке 1.

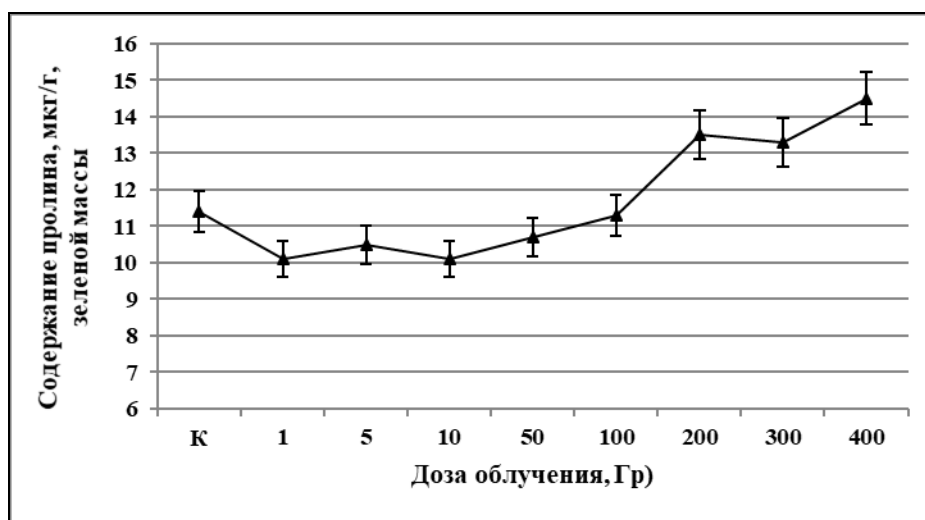


Рис. 1. Доза-зависимое изменение содержания пролина в листьях родительского растения *Cucumis sativus* L.

Полученные нами результаты по определению содержания пролина в свежесобранных листьях *Cucumis sativus* L., семена которого перед посевом подверглись предпосевному γ – облучению показывают, что для родительского растения имеет место ярко выраженная зависимость от дозы облучения. Зависимость содержания пролина от дозы облучения проявляется, в основном, в больших дозах. Точнее, с увеличением дозы от 100 до 400 Гр содержание антиоксидантного пролина постепенно увеличивается. При дозе 400 Гр увеличение содержания пролина по сравнению с контролем составляет примерно 27 %. При этом относительно малые дозы (до 50 Гр) не вызывают заметных изменений в содержании пролина.

Можно предположить, что накопление пролина при больших дозах облучения может быть вызвано *de novo* его синтезом, или снижением его деградации, или же тем и другим. Сохранение содержания пролина при низких дозах облучения свидетельствует тому, что в этих дозах растение не нуждается защите от ионизирующего излучения или же при этом основную защитную роль играют другие антиоксиданты, в том числе антиоксидантные ферменты.

Авторами работы [12] показано, что накопление пролина в условиях абиотического стресса в зависимости от вида и степени стресса составляет несколько миллимолярных концентраций.

Также установлено, что для многих растений в условиях солевого стресса и засухи из-за увеличения синтеза и/или снижения деградации содержание пролина достигает до 80 % аминокислотного пула (в нормальных условиях оно составляет ~ 5 %) [13, 14].

Если сравнить результаты этих работ с результатами, полученными нами, можно прийти к выводу о том, что предпосевное γ -облучение семян при относительно больших дозах по сравнению с такими суровыми условиями, как засуха или же высокая концентрация соли является более умеренным для растений.

Следующим шагом наших работ было исследование содержания пролина также и в первом поколении растения. Напомним, что семена при этом не облучались. Тем самым мы постарались выяснить форму сохранения первичных повреждений в следующем поколении растения.

Полученные нами результаты по содержанию пролина в первом поколении *Cucumis sativus* L., представлены на рисунке 2.

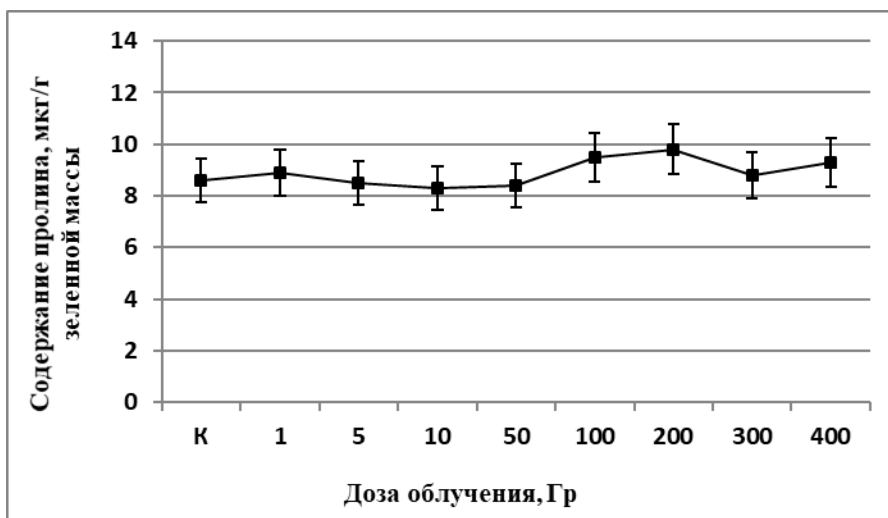


Рис. 2. Доза-зависимое изменение содержания пролина в листьях первого поколения *Cucumis sativus* L.

Из представленных результатов, прежде всего, привлекает на себя внимание то, что динамика доза зависимого изменения содержания пролина для первого поколения почти сходна с динамикой для родительского растения. Так как, и в этом случае при низких дозах облучения (от 1 до 50 Гр), если не учесть незначительные разбросы, не существует ярко выраженных доза - зависимых изменений содержания пролина. А большие дозы для первого поколения растения, как и в случае родительского растения, вызывают повышение содержания пролина. При этом родительское и первое поколение растения отличается тем, что как общее содержание пролина, так и масштабы доза-зависимых изменений у них неодинаковы. Другими словами, в первом поколении контрольного растения (также и в дозах от 1 до 50 Гр) содержание пролина примерно в 1,2 раза меньше, чем в родительском. А при больших дозах накопление пролина в первом поколении по сравнению с родительским в 1,5 раза меньше.

Список литературы:

1. Шевякова Н.И., Бакулина Е.А., Кузнецов Вл. В. Антиоксидантная роль пролина у галофита *Mesembryanthemum crystallinum* при действии засоления и параквата, инициирующих окислительный стресс // Физ. растений. – 2009. – Т. 56. – С. 736-742.
2. Kavi Kishor P. B., Sangam S., Amrutha R. N. et al. Regulation of Proline Biosynthesis, Degradation, Uptake and Transport In Higher Plants: Its Implications in Plant Growth and Abiotic Stress Tolerance // Current Science. – 2005. – Vol. 88. – No. 3. – P. 424-438.

3. Schat H., Sharma S.S., Vooijs R. Heavy metal induced accumulation of free proline in a metal-tolerant and a nontolerant ecotype of *Silene vulgaris* // *Physiol. Plant.* – 1997. – Vol. 101. – P. 477 – 482.
4. Храмова Е.П., Высочина Г.И., Тарасов О.В. и др. Биохимические механизмы адаптации растений в условиях радиационного воздействия // *Химия в интересах устойчивого развития.* – 2008. – Т. 16. – 259-267.
5. Hare P.D., Cress W.A., Van Staden J. Dissecting the roles of osmolyte accumulation during stress in plants // *Plant Cell Environ.* – 1998. – Vol. 21, No 6. – P. 535–553.
6. Vanrensburg L., Kruger G.H.J. and Kruger R.H. Proline accumulation as drought tolerance selection criterion: Its relationship to membrane integrity and chloroplast ultra structure in *Nicotiana tabacum* L. // *J. Plant Physiol.* – 1993. – Vol. 141. – P. 188-194.
7. Bohnert H.J., Shen B. Transformation and compatible solutes // *Sci. Hortic.* – 1999. – Vol. 78. – P. 237-260.
8. Verbruggen N., Hua X.J., May M. and Van Montagu M. Environmental and developmental signals modulate proline homeostasis: Evidence for a negative transcriptional regulator // *Proc. Nat. Acad. Sci. USA.* – 1996. – Vol. 93. – P. 8787-8791.
9. Ozturk L., Demir Y. In vivo and in vitro protective role of proline // *Plant Growth Regul.* – 2002. – Vol. 38, – P. 259-264.
10. Радюкина Н.Л., Шашукова А.В., Макарова С.С., Кузнецов Вл.В. Экзогенный пролин модифицирует дифференциальную экспрессию генов супероксиддисмутазы в растениях шалфея при UV-B облучении // *Физиология растений.* – 2011. – Т. 58, № 1. – С. 49-57.
11. Bates L. S., Waldren R.P., Teare I.D. Rapid determination of free proline for water – stress studies // *Plant and Soil.* – 1973. – Vol.39, Iss. 1. – P. 205-207.
12. Delauney A.J. and Verma D.P.S. Proline biosynthesis and osmoregulation in plants // *Plant J.* – 1993. – Vol.4. – P. 215-223.
13. Kavi Kishor P.B. Effect of salt stress on callus cultures of *Oryza sativa* L. // *J.Exp. Bot.* – 1988. – Vol. 39. – P. 235- 240.
14. Kohl D.H., Kennelly E.J., Zhu Y. et al. Proline Accumulation, Nitrogenase (C_2H_2 reducing) Activity and Activities of Enzymes related to Proline Metabolism in Drought-Stressed Soybean Nodules // *J. Exp. Bot.* – 1991. – Vol. 42, No. 240. – P. 831-837.

DOSE - DEPENDENT CHANGE OF THE PROLINE CONTENT IN PARENT AND FIRST GENERATION OF *CUCUMIS SATIVUS* L., THE SEEDS WHICH ARE EXPOSED TO THE γ - RADIATION

E.S. Jafarov¹, K.G. Qarayeva¹, H.G. Babayev²

¹*Institute of Radiation Problems of the National Academy of Sciences of Azerbaijan, Baku, Azerbaijan, e-mail: elimkhan.jafarov@gmail.com*

²*Institute of Molecular biology and biotechnology of the National Academy of Sciences of Azerbaijan, Baku, Azerbaijan*

Abstract

The paper presents the results on the clarification of the protective role of proline in the presowing irradiation of seeds, both in the parent and in the next generation *Cucumis sativus* L. (common cucumber).

The results of determining the content of proline in the leaves of *Cucumis sativus* L., whose seeds before sowing were subjected to γ - irradiation show that for the parent plant with increasing dose from 100 to 400 Gy, the content of antioxidant proline gradually increases. At the same time, relatively small doses (up to 50 Gy) do not cause noticeable changes in the content of proline. The dynamics of the dose dependent changes in the content of proline for the first generation is almost similar to that for the parent plant. The parent and the first generation of the plant is different in that both the total content of proline and the scale of dose-dependent changes are not the same.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕАКТОРА КРЕКИНГА

Л.Б. Директор, В.А. Синельщиков

*Объединенный институт высоких температур РАН, Москва, 125412, Россия,
e-mail: director@oivtran.ru*

Введение. Термохимические методы переработки растительной биомассы (древесных, сельскохозяйственных, бытовых отходов) с целью производства различного вида топлив, промежуточных продуктов для химической промышленности получают все более широкое развитие. Многие разработки перешли в стадию промышленного освоения. Одна из перспективных технологий STG (solid-to-gas) была предложена в Объединенном институте высоких температур РАН [1]. В результате нагрева биомассы в реакторе пиролиза до температуры 600 °С происходит термическая деструкция органической составляющей биомассы, сопровождающаяся выходом летучих продуктов (пиролизные газы и пары) и образованием коксового остатка. На второй стадии процесса парогазовая смесь из реактора пиролиза поступает в реактор крекинга, заполненный коксовым остатком, где при температуре 1000 °С летучие продукты пиролиза разлагаются с образованием водорода и монооксида углерода (синтез-газа). Рабочая температура процессов пиролиза и крекинга поддерживается за счет сжигания части коксового остатка.

Численное моделирование реакторов термохимической конверсии биомассы дает возможность оптимизировать режимные параметры установок, совершенствовать технологические схемы, оценивать эффективность технологии. Математическому моделированию и численному анализу процессов пиролиза растительной биомассы посвящено большое количество публикаций [2 – 4]. Как правило, эти работы направлены на уточнение кинетических схем и кинетических параметров процесса термической деструкции биомассы и на совершенствование моделей теплообменных процессов.

Задачи моделирования конкретных реакторов гораздо сложнее и требуют адекватного описания целого набора взаимосвязанных физико-химических процессов, включающих фильтрацию газа через пористую среду, теплообмен при наличии внутренних источников энергии, обусловленных тепловыми эффектами химических реакций. При этом необходимо учитывать зависимость теплофизических свойств твердой и газообразной фаз от температуры и состава. Если для реакторов пиролиза при определенных допущениях и в ограниченном температурном диапазоне такие математические модели и соответствующие программные коды известны [5], то моделей и программ для расчета реакторов крекинга применительно к термохимической конверсии летучих продуктов пиролиза растительной биомассы практически нет. Задача усугубляется сложным составом парогазовой смеси, образующейся в реакторе пиролиза на первой стадии технологии, и химическим взаимодействием летучих продуктов с коксовым остатком, который является наполнителем реактора крекинга.

В настоящей работе представлена математическая модель реактора крекинга и ее численная реализация.

Математическая модель. Реактор крекинга представляет собой плоский канал, обогреваемый с двух сторон дымовыми газами (рис. 1). Предполагается, что реактор имеет совершенную теплоизоляцию.

Парогазовая смесь из реактора пиролиза поступает в верхнюю часть реактора крекинга, заполненного коксовым остатком, и движется сверху вниз. Теплоноситель (дымовые газы) совершает возвратно поступательное движение (ось z), в направле-

нии, перпендикулярном направлению течения пиролизной парогазовой смеси (ось y). Дымовые газы после реактора крекинга направляются на обогрев реактора пиролиза.

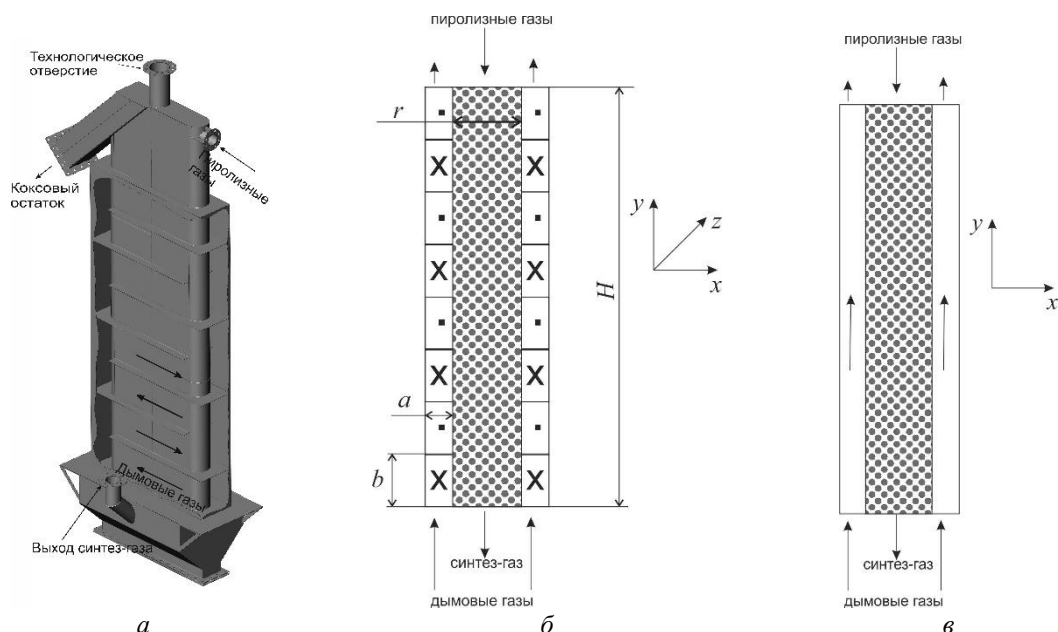


Рис. 1. Реактор крекинга: a – 3d вид реактора без внешнего кожуха; b – схема реальных потоков (X – поток дымовых газов в направлении z , * – поток дымовых газов в направлении $-z$); v – расчетная схема

При допущении о постоянстве параметров по глубине реактора (ось z) теплообменные процессы в объеме реактора описывались в двумерном приближении. Течение газа-теплоносителя рассматривалось в одномерном приближении (рис. 1в) с коррекцией скорости газа.

При расчете коэффициента теплоотдачи от газа-теплоносителя к стенке реактора использовалась фактическая скорость газового потока

$$u = \frac{G_T}{\rho_T a b}, \quad (1)$$

где G_T – массовый расход газа-теплоносителя;

ρ_T – плотность газа-теплоносителя;

a – ширина, b – высота каналов, по которым течет газ-теплоноситель.

Для того, чтобы конвективный член в уравнении энергии для газа-теплоносителя, записанном в одномерном приближении, отражал реальный теплоперенос, вводилось понятие эффективной скорости, при которой время прохождения газа-теплоносителя от входа в канал обогрева до выхода из него равно реальному времени прохождения газа по $n = H/b$ каналам обогрева реактора.

Эффективная скорость газа-теплоносителя рассчитывалась из соотношения

$$u_{эф} = \frac{G_T}{\rho_T L a}, \quad (2)$$

где L – глубина реактора, равная длине одного хода канала обогрева по оси z .

Предполагалось, что по мере движения в реакторе крекинга летучие продукты, поступающие из реактора пиролиза, в результате гомогенных и гетерогенных реакций конвертируются в синтез-газ, состоящий из CO и H₂ в равных объемных долях. Степень конверсии описывалась кинетическим уравнением

$$\frac{d\rho_{пр}(t)}{dt} = -k \exp\left(-\frac{E}{T}\right) \rho_{пр}^n(t), \quad (3)$$

где k – предэкспоненциальный множитель;

E – энергия активации;

$\rho_{\text{пр}}$ – плотность пиролизных газов;

n – порядок реакции;

t – время.

В расчетах использовались значения кинетических параметров, приведенные в [6] для диапазона температур 800 – 1000 °С ($k = 5,47 \cdot 10^6 \text{ c}^{-1}$; $E = 22415 \text{ К}$; $n = 2,03$).

Очевидно, что при термической конверсии пиролизных газов в синтез-газ объем газовой фазы увеличивается за счет распада больших молекул на более мелкие (в нашем случае на CO и H₂). В данной постановке задачи (постоянный массовый расход парогазовой смеси) это должно приводить к увеличению объемной скорости газа. Если средняя молекулярная масса пиролизных газов равна $\mu_{\text{пр}}$, то при конверсии вместо одной молекулы образуется $N_{\text{ст}} = 2\mu_{\text{пр}}/30$ молекул синтез-газа. Тогда в i -й расчетной ячейке плотность газовой смеси $\rho_{\text{см}}^i$, состоящей из неразложившихся пиролизных газов и образовавшегося синтез-газа, можно рассчитать по формуле

$$\rho_{\text{см}}^i = \frac{\rho_0}{\left(1 + \frac{\delta\rho_{\text{пр}}^i}{\rho_0}(\frac{\mu_{\text{пр}}}{15} - 1)\right)}, \quad (4)$$

где ρ_0 – плотность пиролизных газов на входе в канал крекинга, а величина $\delta\rho_{\text{пр}}^i$ представляет собой интеграл

$$\delta\rho_{\text{пр}}^i = \int_0^{\tau} k \exp\left(-\frac{E}{T_i}\right) \rho_{\text{пр}i}^n(t) dt. \quad (5)$$

Математическая модель включала в себя дифференциальные уравнения сохранения энергии для парогазовой и твердой фаз и для газа-теплоносителя, а также уравнение сохранения массы для парогазовой фазы. На входе в реактор задавались плотность, температура и массовый расход пиролизной парогазовой смеси. Слой коксового остатка моделировался сферами одинакового диаметра с регулярной упаковкой. Предполагалось, что диаметр сфер и пористость слоя в процессе нагрева не меняются.

Предполагалось, что парогазовая смесь в реакторе крекинга состоит из трех компонентов: некоего обобщенного компонента, моделирующего летучие продукты пиролиза перерабатываемого сырья, а также водорода и монооксида углерода, образующихся в результате термической деструкции обобщенного компонента, описываемой уравнением (3). Также предполагалось, что масса углерода в объеме реактора непрерывно пополняется коксовым остатком от пиролиза и в процессе крекинга не меняется.

Для расчета коэффициента теплоотдачи от коксового остатка к пиролизной парогазовой смеси использовалось выражение, полученное Аэровым и Годесом для зернистого слоя для значений эффективного числа $Re_e > 30$ [7]

$$Nu_e = 0,39 Pr^{1/3} Re_e^{0,64}. \quad (6)$$

Эквивалентный гидравлический диаметр слоя в выражениях для чисел Нуссельта и Рейнольдса определялся из соотношения

$$d_e = \frac{4\varepsilon}{[f_0(1-\varepsilon)]}, \quad (7)$$

где f_0 – удельная поверхность частиц (для сферы $f_0 = 6/d$).

Коэффициент эффективной теплопроводности слоя рассчитывался по модели зернистого слоя Куни [8]. Тепловой поток от стенки реактора отводился только за счет теплопроводности коксового остатка и лучистого теплообмена. Для расчета теплофизических свойств коксового остатка и парогазовой смеси использовались справочные данные [9] и данные работы [10].

Поскольку задача осесимметричная, рассматривалась половина канала реактора крекинга. Скорость газовой смеси по ширине канала крекинга предполагалась постоянной.

Для численного решения системы дифференциальных уравнений использовался их дискретный аналог, полученный путем интегрирования дифференциальных уравнений по контрольному объёму. Применялась равномерная сетка 10x10. Математическая модель была реализована в программе CRACKING v.01 [11].

Результаты расчетов. Расчеты проводились для условий, соответствующих экспериментальному реактору крекинга ОИВТ РАН (таблица 1).

Таблица 1

Исходные данные для расчета

Параметр	Размерность	Значение
Высота реактора	м	1,66
Ширина канала крекинга	м	0,114
Ширина канала обогрева	м	0,042
Высота канала обогрева	м	0,208
Глубина канала (размер по оси z, рис. 1б)	м	1,0
Температура газа-теплоносителя на входе в канал обогрева	°С	1100
Расход газа-теплоносителя	кг/с	0,06
Температура пиролизного газа на входе в реактор	°С	600
Расход пиролизного газа на входе в реактор	нм ³ /с	0,01

Моделировались режим разогрева реактора и режим крекинга. Расчет режима разогрева прекращался при достижении температуры 1050 °С в верхних расчетных ячейках реактора. Результаты расчета режима разогрева реактора приведены на рис. 2. Как видно из рисунка при заданных условиях время полного прогрева коксового остатка в реакторе составило порядка 30 минут.

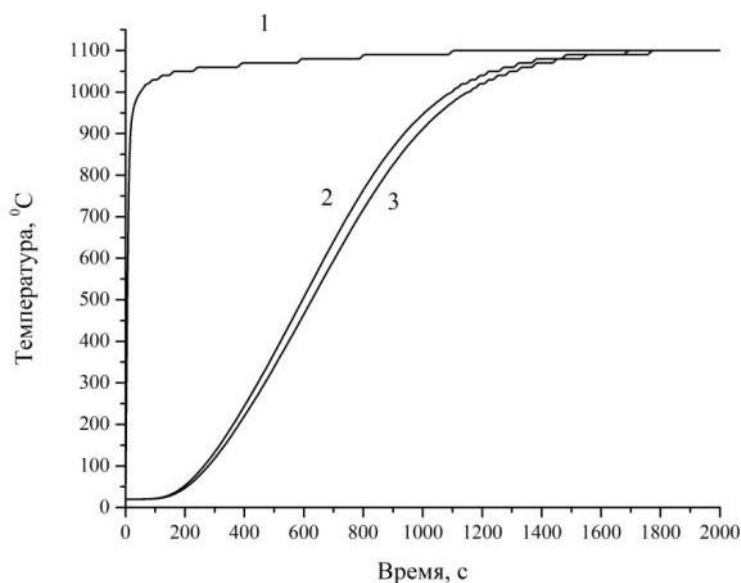


Рис. 2. Динамика изменения температуры газа-теплоносителя на выходе из канала обогрева – 1 и температуры коксового остатка на оси реактора: 2 – нижняя расчетная ячейка; 3 – верхняя расчетная ячейка в режиме разогрева

Расчет режима крекинга проводился до установления стационарных полей температуры и концентрации. Распределения температуры газовой фазы и концентрации синтез-газа в стационарном режиме приведены на рис. 3.

Из графиков видно, что температура газовой смеси в канале, при которой интенсивно идут реакции крекинга (более 1000 °С), достигается на расстоянии порядка 1 м от входа в реактор крекинга. При этом в верхней части реактора наблюдается значительный градиент температуры газа по ширине канала (рис. 3а). Вместе с тем, градиент концентрации синтез-газа в смеси на выходе из реактора относительно небольшой (рис. 3б). При выбранной кинетической схеме концентрация синтез-газа на выходе из реактора составила 75%.

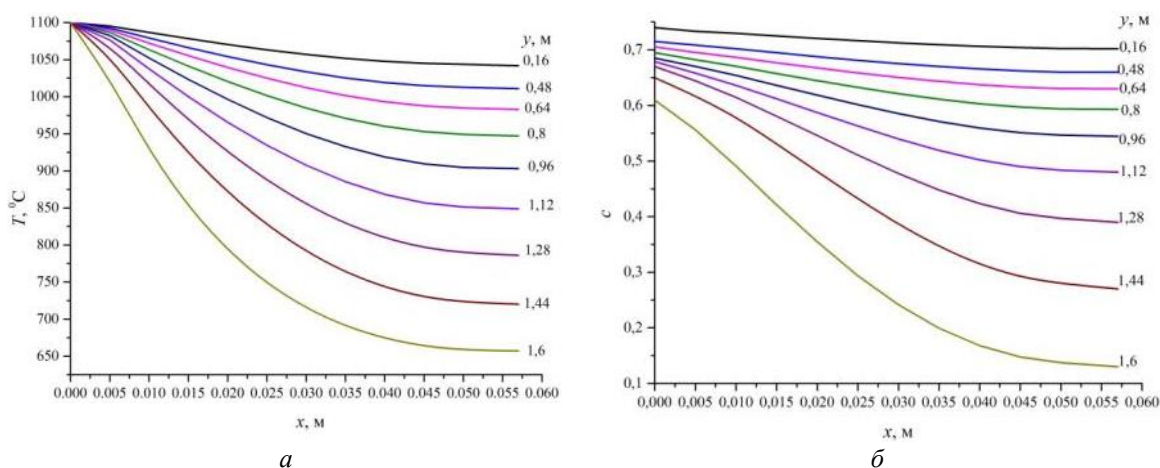


Рис. 3. Поле температуры газовой фазы (а) и массовая концентрации синтез-газа (б) в стационарном режиме ($x = 0$ на стенке канала, $y=0$ на выходе газовой смеси из канала крекинга)

Заключение. Разработанная математическая модель может быть использована для инженерных расчетов промышленного реактора крекинга с целью оптимизации конструктивных характеристик реактора и режимных параметров процесса для достижения максимальной эффективности. Программа CRACKING v.01 может быть интегрирована в пакет программ расчета всей технологической цепочки производства синтез-газа из биомассы: сушка, пиролиз, крекинг, сжигание коксового остатка.

Список литературы:

1. Lavrenov V.A. Two-Stage Pyrolytic Conversion of Different Types of Biomass into Synthesis Gas / V.A. Lavrenov, O.M. Larina, V.A. Sinel'shchikov, G.A. Sychev // High Temperature. – 2016. – V. 54. – P. 892-898.
2. Park W.C. Experimental and theoretical investigation of heat end mass transfer processes during wood pyrolysis / W.C. Park, A. Atreya, H.R. Baum // Combustion and Flame. – 2010. – V. 157. – P. 481-494.
3. Prakash N. Advances in Modeling and Simulation of Biomass Pyrolysis / N. Prakash, T. Karunanithi // Asian Journal of Scientific Research. – 2009. – V. 2 (1). – P. 1-27.
4. Di Blasi C. Modeling chemical and physical processes of wood and biomass pyrolysis / C. Di Blasi // Progress in Energy and Combustion Science. – 2008. – V. 34. – P. 1-27.
5. Direktor L.B. Numerical Simulation of Power-Engineering Complex with Torrefaction Reactor / L.B. Direktor, V.M. Zaichenko, V.A. Sinel'shchikov // High Temperature. – 2017. – V. 55. – No. 1. – P. 124-130.
6. Зайченко В.М. Пиролиз углеводов на углеродных матрицах / В.М. Зайченко, И.Л. Майков. – М.: Недра, 2014. – 235 с.
7. Kutateladze S.S. Fundamentals of heat transfer / S.S. Kutateladze. – New York: Acad. Press, 1963. – 485 p.

8. Аэров М.Э. Аппараты со стационарным зернистым слоем / М.Э. Аэров, О.М. Годес, Д.А. Наринский. – Л.: Химия, 1979.
9. National Institute of Standards and Technology, NIST chemistry WebBook, SRD 69. URL: <http://webbook.nist.gov/chemistry/form-ser>
10. Director L.B. Numerical modeling of torrefaction reactor integrated in energy technological complex / L.B. Director, V.A. Sinelshchikov // Energy. – 2019. – P. 1194-1204.
11. Директор Л.Б., Синельщиков В.А. Программа расчета реактора крекинга. Свидетельство о регистрации 2019610252. Бюл. № 1, 10.01.2019.

NUMERICAL MODELING OF THE CRACKING REACTOR

L.B. Director, V.A. Sinelshchikov

*Joint Institute for High Temperatures, Russian Academy of Sciences,
Moscow, 125412, Russia, e-mail: director@oivtran.ru*

Abstract

A mathematical model and a program for calculating the cracking reactor, which is part of a two-stage technology for conversion of biomass into synthesis gas, is developed. The results of calculation of the reactor in heating and cracking modes are presented. The mathematical model can be used for engineering calculations of an industrial cracking reactor in order to optimize the design characteristics of the reactor and the operating parameters of the process to achieve maximum efficiency.

УДК 620.9

ПРИМЕНЕНИЕ СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ ДЛЯ УЛИЧНОГО ОСВЕЩЕНИЯ И СПОСОБЫ УПРАВЛЕНИЯ ИМИ

Т.Е. Домашенко¹, Н.М. Шайтор²

¹ГУП РК «Крымэнерго» СП Сакский РЭС, г. Саки, 296500, РФ,
e-mail: domashenko_tatyana@mail.ru

²ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», Институт
ядерной энергии и промышленности, г. Севастополь, 299015, РФ,
e-mail: Shaytor1950@mail.ru

Введение. В настоящее время вопрос энергосбережения является одним из наиболее глобальных в сфере электроэнергетики. В связи с этим все больше внимания уделяется нетрадиционным источникам энергии, в частности, энергии солнца. Для уличного освещения наиболее распространено применение поликристаллических солнечных панелей. Это связано с тем, что данный тип солнечных панелей не только значительно дешевле монокристаллических, что обусловлено технологией изготовления, но и имеет наиболее оптимальное сочетание цены и качества. Однако последние разработки в данной области открывают новые перспективы использования монокристаллических панелей для уличного освещения.

Современные разработки. На сегодняшний день компанией LED Tehnology (Россия) разработаны компактные интегральные солнечные светильники «Солярис-LN», в которых реализована сборка всех элементов комплекта уличного освещения в одном корпусе. Состоит данный комплект из светодиодного светильника Bridgelux, рассчитанного на 50 тыс. часов работы (почти 6 лет), литиевой аккумуляторной батареи (срок службы 5 лет), солнечной панели из монокристаллического кремния, службы которых составляет 25 лет, и контроллера [1].

Также встроен программируемый фото-сенсорный датчик, позволяющий не только включать/отключать светильник в зависимости от времени суток, но и регулировать мощность выдаваемого светового потока. Так при наступлении темноты датчик срабатывает и светильник загорается и работает в режиме сохранения энергии (50% от полной мощности), при движении в радиусе 5-8 метров светильник переходит в режим работы на полной мощности в течении 1-2 минуты, после чего снова переходит в режим сохранения энергии.

На рис. 1. представлена модель светильника «Солярис-LN-220». Данная модель имеет ряд преимуществ перед стандартными конструкциями, а именно: беспроводная модель; простота установки и эксплуатации; возможность установки на любую опору, за счет регулируемого кронштейна; широкий диапазон мощностей LED светильников от 8 до 80 Вт.

Способы управления уличным освещением. Фотореле реагирует на изменение интенсивности освещения и срабатывает при снижении уровня освещенности ниже, указанного значения, аналогичное действие происходит, при увеличении освещенности выше заданных параметров. Единственным недостатком фотореле является его чувствительность к загрязнениям, а также сложность настройки. Однако данные недостатки компенсируются невысокой стоимостью, малыми размерами и массой, что обеспечивает удобство его использования [2-3].

Использование GPS приёмников. Данная система автоматического управления уличным освещением была предложена корейской фирмой «Stwol». По сути, данная система является неплохой альтернативой фотореле. С той лишь разницей, что включение/отключение ламп осуществляется, посредством подачи сигнала от GPS-

приемника, настроенного на конкретные территориальные координаты, в соответствии с которыми и происходит срабатывание контроллера [4].



Рис. 1. Устройство светильника «Солярис-LN-220»

Так, зная конкретные географические координаты, вычислительное устройство точно определяет время захода/восхода солнца и подает сигнал на контроллер за 15 минут до наступления сумерек и спустя 10 минут после рассвета. Основным преимуществом таких приемников является нечувствительность к загрязнениям и расположению в плане затененности.

Зональные контроллеры. Для автоматического управления применяются зональные контроллеры или сервера, которые формируют сигнал для включения и выключения уличного освещения и передают его на электронные балласты посредством витых пар, Ethernet, радиоканалов, GSM-каналов или силовых кабелей.

Применение GSM-модема. Современные системы автоматического управления уличным освещением состоят из трех основных частей:

1. Блок управления лампой / группой ламп;
2. Шкаф зонального уровня управления (улица/квартал);
3. Центральный сервер территории.

Благодаря блокам непосредственного управления, включение и выключение любой отдельно взятой лампы осуществляется сигналом центрального сервера. И хотя данная система является очень удобной, на практике почти не применяется из-за высокой стоимости GSM-модема.

Выводы. Автоматические системы управления в совокупности с применением солнечных панелей позволяют не только оптимизировать структуру и режим управления уличным освещением, но и обеспечить оптимальный уровень освещенности улиц, автомобильных дорог и парков. Это минимизирует участие человека как в обслуживании, так и в эксплуатации целого комплекса оборудования. Системы освещения, работающие от солнечной энергетики, станут неотъемлемыми атрибутами «умного» дома и «умного» города.

Список литературы:

1. Официальный сайт компании LedTechnology <https://ledtechnology.ru/produkcija>
2. Андреев С.В. Солнечные электростанции – М.: Наука, 2002. – 310 с.
3. Харченко Н.В. Индивидуальные солнечные установки – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 208 с.

4. Зозуля Д. Автоматизированные системы управления уличным освещением [Электронный ресурс] / Д. Зозуля // Control Engineering Россия. — 2013. — № 6. — С. 24-26. — Режим доступа: <https://lib.rucont.ru/efd/437953>

**THE USE OF SOLAR PANELS FOR STREET LIGHTING AND WAYS
TO MANAGE IT**

T.E. Domashenko¹, N.M. Shaitor²,

¹*State Unitary Enterprise of the Republic of Crimea “Krymenergo”, Saki, 296500, Russia,
e-mail: domashenko_tatyana@mail.ru*

²*Sevastopol state University, Institute of nuclear energy and industry,
Sevastopol, 299006, Russia, e-mail: Shaytor1950@mail.ru*

Abstract

This article is devoted to this issue of energy saving. In particular, the use of solar panels for street lighting. This article discusses the latest developments in the field of solar energy, as well as ways to automatically control street lighting, such as: using photo relay, GPS receivers, zone controllers (servers), and GSM modems. Recent developments in energy conservation show that solar energy has great development prospects. And this will allow more efficient use of solar energy in the future.

**ДИНАМИКА БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ И ПРОБЛЕМЫ
ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
ЭКОСИСТЕМ ВНУТРЕННИХ МОРЕЙ ЕВРОПЫ В СВЯЗИ
С КЛИМАТИЧЕСКИМИ ИЗМЕНЕНИЯМИ**

В.В. Дроздов

*ФГБОУ ВО «Российский государственный гидрометеорологический университет»,
192007, Россия, Санкт-Петербург, ул. Воронежская, д. 79.
e-mail: vladidrozдов@yandex.ru*

Внутренние моря Европы – Балтийское, Белое, Черное и Азовское, обладая высокой биологической продуктивностью и значительными рыбными запасами, одновременно являются весьма уязвимыми к воздействию климатических изменений и антропогенной деятельности, в силу ограниченной связи с океаном и замедленного водообмена. Периоды высокого обилия промысловых рыб часто сменяются упадком их численности, вплоть до сокращения доступных запасов в несколько раз и введения запрета на промысел в целях сохранения важнейших популяций. К началу XXI века общий улов в Балтийском, Белом, Черном и Азовском морях сократился по сравнению с серединой 1970-х гг. более чем в 1,5 раза [1–5] и др., что не может не вызывать озабоченности и требует осуществления комплексной оценки причин происходящих изменений.

В настоящее время в России и за рубежом имеется настоятельная потребность в дальнейшей разработке и совершенствовании методов оценки степени и характера влияния климатических колебаний на океанологические и биопродукционные процессы в экосистемах внутренних морей Европы, на фоне антропогенной деятельности. Необходимо применение комплексного, междисциплинарного и системного подходов, которые позволят установить, на более высоких уровнях научного обобщения, новые ключевые закономерности совместного влияния ряда крупномасштабных климатообразующих процессов над Северным полушарием на состояние и динамику компонентов абиотических и биотических экосистем Балтийского, Белого, Черного и Азовского морей, что позволит более объективно подходить к прогнозированию их развития [6–7].

Обобщение полученных результатов кластерного, корреляционного, спектрального и регрессионного анализа климатических, океанологических, гидрологических и биопродукционных данных применительно к различным акваториям внутренних морей и районам их речных бассейнов, позволило сформировать логические модели схему связей между природными процессами, представленные на рисунке 1 применительно к Черному морю. Для каждого морского бассейна и морской экосистемы установлены формы и индексы климатообразующих процессов – индексов и форм атмосферной циркуляции Вангенгейма-Гирса, Б.Л. Дзердзеевского, а также Северо-Атлантического колебания (NAO) [8–11] которые с наибольшей эффективностью способны отражать влияние климатических изменений на компоненты гео- и экосистем Балтийского, Белого, Черного и Азовского морей. На основе полученных результатов статистического анализа, обоснованы функциональные (ключевые) геоэкологические районы, изменения в которых, под влиянием климата, способны повлиять в дальнейшем на функционирование значительной части или всей гео- и экосистемы моря, в том числе оказать прямое и значительное воздействие на биопродуктивность.

В частности, в экосистеме Черного моря к функциональным геоэкологическим районам следует отнести следующие: северо-западный район речного бассейна; се-

веро-западный шельф – дельта Дуная, днепровский лиман, одесский залив; проливы со Средиземным морем; глубоководные районы – западная и восточные впадины моря, северо-восточной склон. В экосистеме Азовского моря к функциональным геоэкологическим районам следует отнести северо-восточную и юго-восточную части речного бассейна; заливы – Таганрогский, Темрюкский, Таманский; проливы – Керченский, Генический; батипелагиаль – горизонты глубин 10 и 15 м.

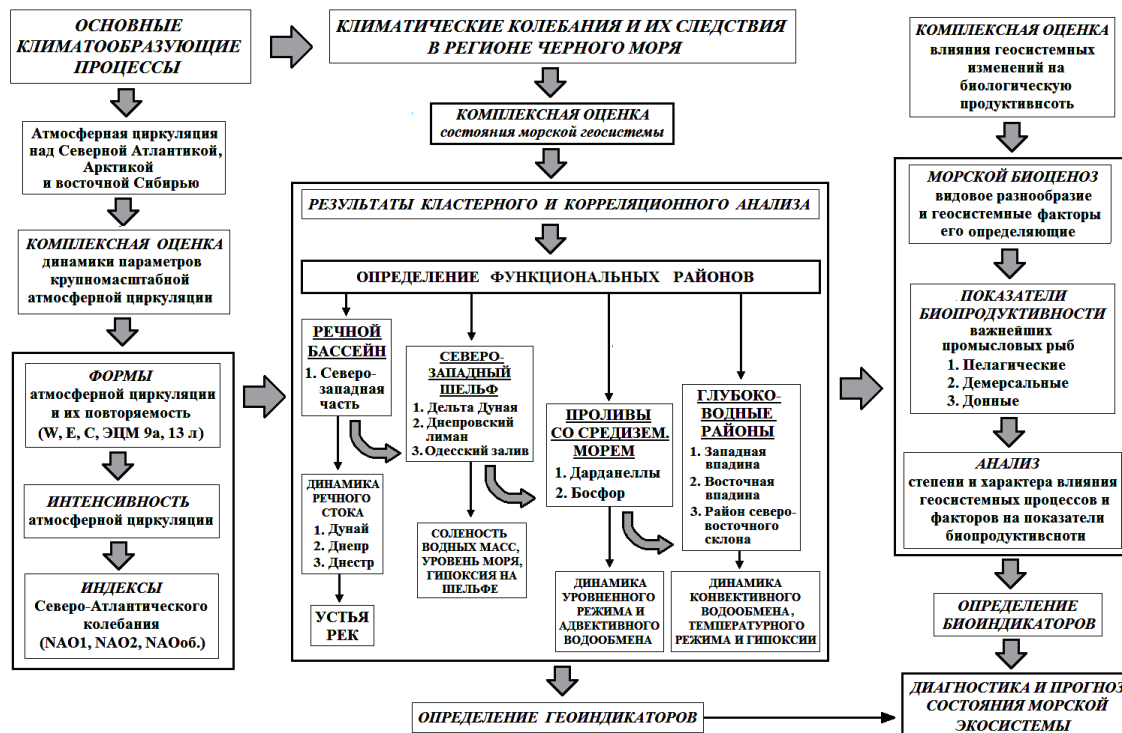


Рис. 1. Обобщенная логическая модель оценки влияния колебаний климата на компоненты экосистемы Черного моря

Комплексная оценка влияния климатических колебаний, выражающихся в виде геоэкологических изменений на морские биоценозы, включая показатели его видового разнообразия и биологической продуктивности может осуществляться на основе обоснования и учета наиболее информативных геоэкологических и биоэкологических индикаторов. Практическое использование данного индикаторного подхода становится возможным при разработке метода интегральной диагностической оценки состояния морских экосистем.

Оценка устойчивости экосистем, в том числе морских, к климатическим изменениям также до настоящего времени остается актуальной научной и практической задачей [12–14] и др. Устойчивость – одно из важнейших свойств экологических систем, определяющее их способность сохранять или восстанавливать свои структурные и функциональные характеристики. От способности экосистем к устойчивости напрямую зависит успех их существования в течение длительного времени. Внешние природные абиотические процессы и факторы, воздействующие на морские экосистемы, демонстрируют весьма значительные изменения количественных значений, что приводит к соответствующим изменениям в видовом разнообразии и биологической продуктивности и др. Для количественной оценки и контроля за достижением целей устойчивого развития акваторий и территорий целесообразно использовать индикаторы. Индикатор – компонент природной или природно-антропогенной среды, количественное или качественное значение которого свидетельствует о ее текущем состоянии или изменении.

Эффективным инструментом здесь могут являться специально разработанные **индикационные показатели** функционирования гео- и биосистем, обладающие высокой информативностью [15] и др. Полученные при этом новые научные и практические результаты, с учетом крупномасштабной и региональной специфики воздействия климатических колебаний, смогут обеспечить значительное повышение эффективности мероприятий по рациональному природопользованию на акваториях внутренних морей, а также повысить уровень экологической безопасности функционирования ряда отраслей морского хозяйственного комплекса, способствуя тем самым предотвращению кризисных экологических и социально-экономических последствий климатических изменений.

На основе обобщения полученных результатов оценки влияния колебаний климата на океанологические условия и абиотические факторы среды в экосистемах Балтийского, Белого, Черного и Азовского морей, а также оценки влияния климатических изменений на динамику показателей промысловой продуктивности данных морей и их биологическое разнообразие, выполнена разработка диагностического метода оценки состояния экосистем данных морей на основе индикаторного подхода, а также разработан метод оценки устойчивости морских экосистем к климатическим изменениям [15].

На рисунке 2 представлена структурная схема осуществления интегральной оценки устойчивости морских экосистем основе индикаторного подхода и основные направления практического применения получаемых результатов

В Черном море кроме естественных природных причин, связанных с атмосферных климатических и океанологический процессов и условий на биопродуктивность черноморских рыб, антропогенное воздействие также способно оказывать существенное влияние. В результате чрезмерной в последние десятилетия эксплуатации ресурсов отдельных видов промысловых рыб, прежде всего ставриды, скумбрии и камбалы-калкана, на фоне неблагоприятных для их воспроизводства природных факторов, в настоящее время наблюдается выраженное снижение их урожайности и уловов.

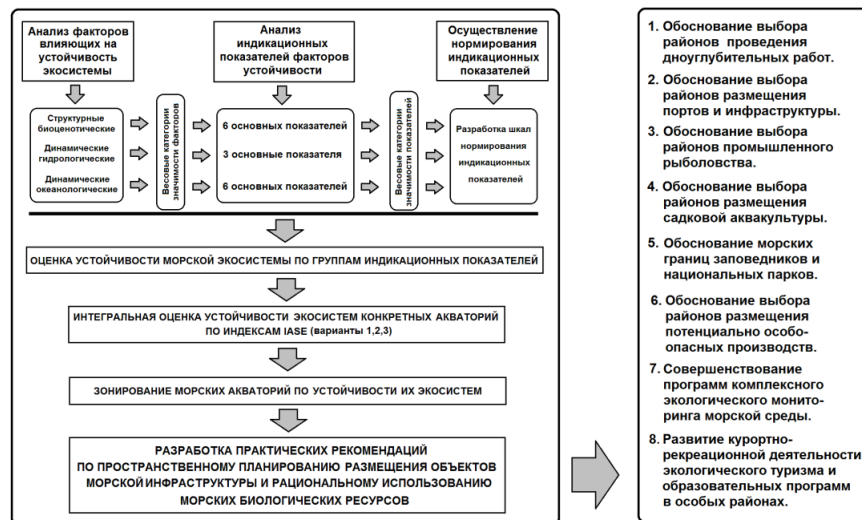


Рис. 2. Структурная схема осуществления интегральной оценки устойчивости морских экосистем основе индикаторного подхода и основные направления практического применения получаемых результатов

Ситуация усугубляется также интенсивной хозяйственной деятельностью в целом на Азово-Черноморском регионе, которая приводит к ухудшению общей экологической ситуации – рост загрязнения акваторий и нерестилищ, уменьшению стока рек,

эвтрофикации, снижение запасов гидробионтов составляющих кормовую базу для промысловых рыб.

В целом, рассматривая состояние биологических ресурсов Азовского и Черного морей в современных экологических условиях, следует иметь в виду, что морские биологические ресурсы Азово-Черноморья находятся в состоянии резкого снижения запасов основных промысловых объектов. В первую очередь, это относится к рыбам и другим гидробионтам прибрежного комплекса. Под воздействием слабо регулируемого промысла и других антропогенных факторов отмечается значительное сокращение численности рыб, уменьшаются площади поселений моллюсков, угнетаются ассоциации водорослей, меняется структура донных биоценозов и пелагических сообществ. Возникают плотные тупиковые звенья пищевых цепей, состоящие из медуз, жгутиковых, гребневиков. С учетом реального состояния запасов промысловых объектов и закономерностей их динамики общий вылов в Черном море может быть доведен до 0,6 – 0,7 млн. т. Однако для реализации таких потенциальных возможностей необходимо решение на международном уровне двух главных задач – восстановления численности анчоуса путем принятия действенных мер по регулированию его промысла и уменьшения антропогенного пресса на экосистему Черного моря. Современное состояние биологических ресурсов Азовского моря позволяет обеспечить ежегодный вылов промысловых рыб порядка 30 – 35 тыс. т, причем, 70 % улова составят мелкие пелагические рыбы – хамса и тюлька.

Федеральному государственному бюджетному учреждению «Специализированный центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Черного и Азовского морей» рекомендуется использовать при разработке среднесрочных и долгосрочных прогнозов температурного режима на акваториях Черного и Азовского морей варианты индексов Северо-Атлантического колебания NAO4 и NAOоб. Рост значений указанных индексов сопровождается снижением температуры воздуха и воды в регионах Черного и Азовского морей, а также увеличением объема поступающих высокосолёных водных масс в Азовское море из Чёрного, на фоне сокращения речного стока в Азовское море и снижения его уровня, что целесообразно учитывать в водно-балансовых и экосистемных исследованиях.

Список литературы:

1. Яковлев В.Н. Состояние биологических ресурсов Черного и Азовского морей. Керчь: Изд-во ЮгНИРО, 1995. – 64 с.
2. Дроздов В.В. Особенности многолетней динамики экосистемы Азовского моря под влиянием климатических и антропогенных факторов. // Ученые записки РГГМУ. – СПб.: Изд. РГГМУ, 2010. – № 15. – С. 65 – 84.
3. Дроздов В.В. Влияние колебаний климата на динамику экосистем Балтийского и Белого морей. Монография. – СПб.: Изд. РГГМУ. – 2015. – 230 с.
4. Промысловые биоресурсы Чёрного и Азовского морей / Ред. В. Н. Еремеев, А. В. Гаевская, Г. Е. Шульман, Ю. А. Загородняя; НАН Украины, Институт биологии южных морей НАН Украины. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2011. – 367 с.
5. Биологические ресурсы Белого моря: изучение и использование. Исследования фауны морей. Т. 69 (77). СПб.: ЗИН РАН. – 2012. – 377 с.
6. Матишов Г.Г., Дженюк С.Л., Моисеев Д.В., Жичкин А.П. О природе крупных гидрометеорологических аномалий в арктических и южных морях России // Изв. РАН. Сер. геогр. 2014. – № 1. – С. 36– 46.
7. Матишов Г.Г. Климат и океанографические исследования Северных и Южных морей // Вестник Кольского научного центра РАН. № 2(21). – 2015. – С. 11 – 19.
8. Смирнов Н.П., Воробьев В.Н., Кочанов С.Ю. Северо-Атлантическое колебание и климат. СПб.: Изд-во РГГМУ, 1998. – 122 с.
9. Нестеров Е.С. Североатлантическое колебание: атмосфера и океан. – М.: Изд. «Триада ЛТД», 2013. – 144 с.

10. Osborn T.J. Recent variations in the winter North Atlantic Oscillation / Weather. – 2004b. – № 61. – P. 353 – 355.
11. Hurrell J. W., Deser C. North Atlantic climate variability: The role of the North Atlantic Oscillation. 2009. – J. Mar. Syst., 78, No. 1. – P. 28 – 41
12. Горшков В.Г. Физические и биологические основы устойчивости жизни. М.: ВИНТИ, 1995. – 470 с.
13. Глобальные и региональные изменения климата и их природные и социально-экономические последствия // Под. Ред. В.М. Котлякова. М.: Геос, 2000. – 262 с.
14. Устойчивость и эволюция океанологических характеристик экосистемы Черного моря / Под ред. В.Н. Еремеева, С.К. Коновалова; НАН Украины, Морской гидрофизический институт. – Севастополь, 2012. – 357 с.
15. Дроздов В.В. Обеспечение экологической безопасности при освоении ресурсов шельфовых морей и управление природопользованием на основе оценки устойчивости морских экосистем к техногенному воздействию// Арктика: экология и экономика № 4 (32), 2018. С. 55 – 69. DOI: 10.25283/2223-4594-2018-4-55-69

**DYNAMICS OF BIOLOGICAL RESOURCES AND THE PROBLEM
OF ENSURING ENVIRONMENTAL SAFETY OF ECOSYSTEMS
OF THE CLOSED SEAS OF EUROPE DUE TO THE CLIMATIC CHANGES
V.V. Drozdov**

*Russian state hydrometeorological university (RSHU),
192007, Russia, St. Petersburg, Voronezhskaya St., 79.
e-mail: vladidrozdov@yandex.ru*

Abstract

Climatic features and biological resources of the closed seas of Europe – Baltic, White, Black and Azov are considered. Dynamics of climatic indicators and the related oceanologic, hydrological and hydrobiological processes is analysed. On the basis of results of the correlation, spectral and cluster analysis the generalized models of impact of fluctuations of climate on components of sea are developed the method of integrated assessment of stability of marine ecosystems on the basis of indicator approach Is developed and the main directions of practical application of the received results are proved.

ФОТО- И ИОНОХРОМНЫЕ СПИРОПИРАНЫ ДЛЯ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ИОНОВ ЛАНТАНОИДОВ

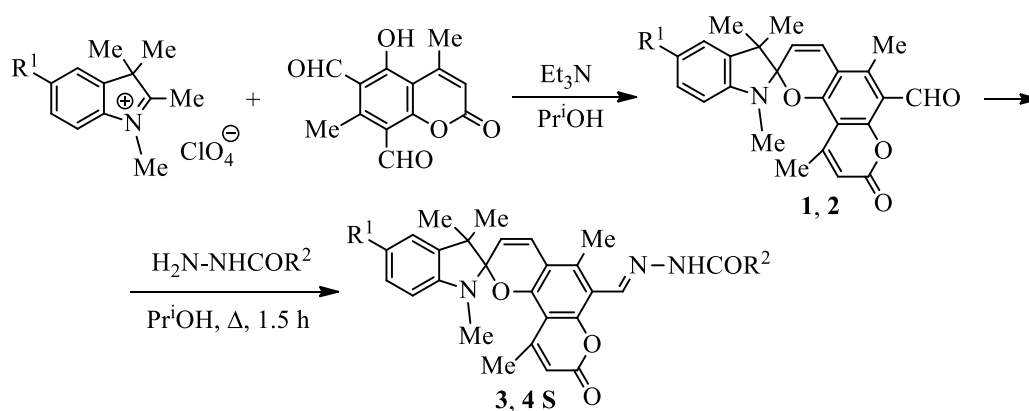
А.Д. Дубонос¹; В.А. Брень²; О.Г. Николаева²; О.Ю. Карлутова²

¹ Федеральный исследовательский центр Южный научный центр РАН, Ростов-на-Дону, 344006, Российская Федерация, e-mail: aled@ipoc.sfedu.ru

² Научно-исследовательский институт физической и органической химии Южного федерального университета, Ростов-на-Дону, 344090, Российская Федерация

Бистабильные фотохромные соединения, способные существовать в двух термодинамически устойчивых формах, широко используются в качестве полифункциональных материалов при дизайне молекулярных переключателей, в фотофармакологии, а также в качестве хемосенсоров для экспресс-анализа токсичных ионов в объектах окружающей среды [1, 2]. Spiropyrans (СПП) представляют один из особенно активно исследуемых типов органических фото- и ионохромов [3, 4]. Большинство известных сенсоров на основе СПП способны к определению катионов щелочноземельных или *d*-металлов и лишь относительно небольшая часть исследований посвящена детектированию ионов лантаноидов. Настоящая работа направлена на синтез и изучение фото- и ионохромных свойств индолиновых спиропиранов кумаринового ряда, содержащих терминальные карбогидразидные заместители.

Спиропираны **3**, **4** были синтезированы конденсацией полученных формилзамещенных СПП **1**, **2** с гидразидами ароматических или гетероциклических карбоновых кислот в PrⁱOH (схема 1).



1, **3** R¹ = H; **2**, **4** R¹ = Cl; R² = Ph (**a**), C₆H₄OMe-4 (**b**), C₆H₄Ph-4 (**c**), C₆H₄Br-4 (**d**), 2-naphthyl (**e**), 2-furyl (**f**), 4-pyridyl (**g**)

Схема 1. Синтез СПП **3**, **4**.

При облучении растворов спиропиранов **3**, **4** в ацетонитриле и толуоле наблюдается окрашивание, связанное с фотоиндуцированным раскрытием 2*H*-пиранового цикла в ходе реакции **S**→**M** (схема 1, левая часть), сопровождающееся увеличением интенсивности полос поглощения в длинноволновой области спектра. Спиропираны **3**, **4** проявляют также ионохромную активность по отношению к катионам лантаноидов.

Добавление нитратов лантаноидов(III) к растворам СПП в ацетонитриле (пятикратный мольный избыток) приводит к появлению новых полос поглощения в области 560-585 нм, сопровождающемуся изменением окраски растворов с желтой на фиолетовую (хромогенный “naked-eye” эффект) [5] (рис. 1).

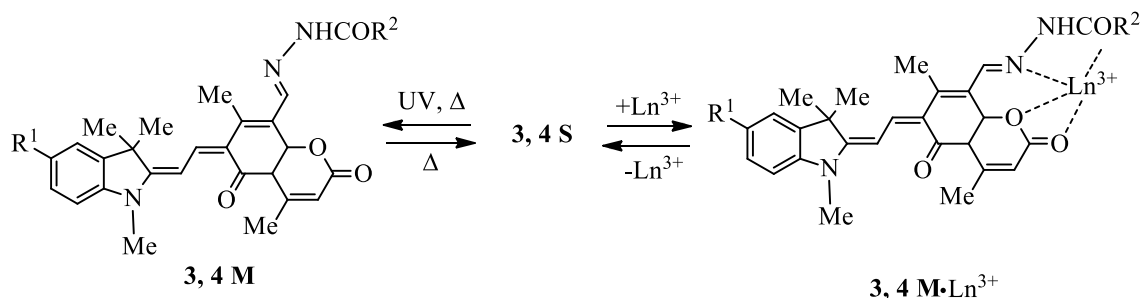


Схема 2. Фото- и ионохромные превращения СПП 3, 4.

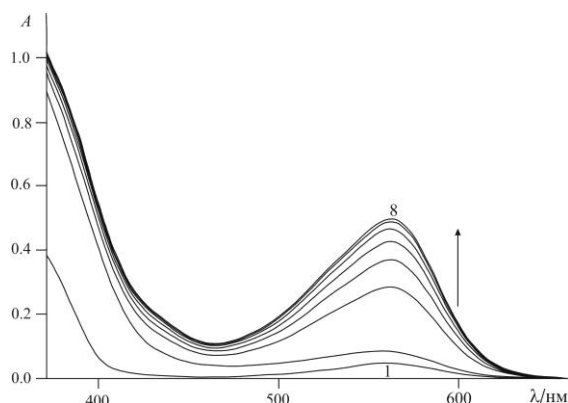


Рис. 1. Электронные спектры поглощения СПП 3а в ацетонитриле до (1) и после добавления нитрата Eu^{3+} (2), спустя 5 (3), 10 (4), 15 (5), 20 (6), 25 (7), 30 мин (8) ($C = 4.0 \cdot 10^{-5}$ моль·л⁻¹).

Этот эффект усиливается в ряду La^{3+} , Pr^{3+} , Eu^{3+} . Катионы Gd^{3+} оказывают существенно меньшее влияние, а катионы Ho^{3+} слабо изменяют исходный спектр поглощения (рис. 2).

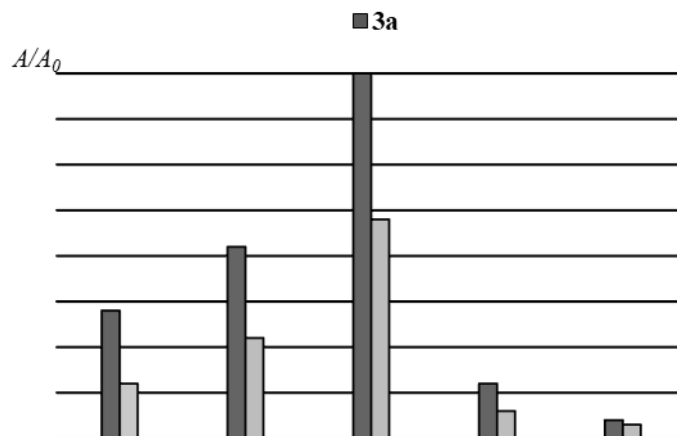


Рис. 2. Относительное изменение интенсивности поглощения СПП 3а и 4а в ацетонитриле на длинах волн поглощения 564 (3а) и 570 нм (4а) после добавления нитратов лантаноидов(III) ($C = 4.0 \cdot 10^{-4}$ моль·л⁻¹).

Влияние заместителя R^2 на ионохромную активность СПП 3, 4 достаточно значительно. Лишь в случае 2-фурилгидразидов (3f, 4f) зафиксированы величины A/A_0 , практически аналогичные представленным на рисунке 2; в остальных случаях эти значения уменьшаются (рис. 3).

Совокупность наблюдаемых спектральных изменений указывает на протекание реакции раскрытия спироцикла S соединений 3, 4 и формированию комплексов мероцианиновых изомеров M с катионами лантаноидов(III) (схема 2, правая часть).

Полученные СПП способны к экспресс-анализу и хромогенному “naked-eye” детектированию катионов лантаноидов.

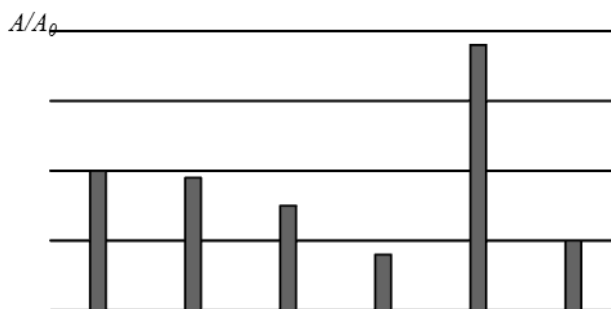


Рис. 3. Относительное изменение интенсивности поглощения СПП **3b-g** в ацетонитриле на длине волны поглощения 565 нм после добавления нитрата Eu^{3+} ($C = 4.0 \cdot 10^{-4}$ моль·л⁻¹).

Работа выполнена в рамках базовой части государственного задания РФ в сфере научной деятельности (№ 4.6497.2017/8.9 и № 4.5593.2017/6.7) и государственного задания ФИЦ ЮНЦ РАН № 01201354239.

Список литературы:

1. Zhang J. Photochromic Materials: More than meets the eye / J. Zhang, Q. Zou, H. Tian // *Advanced Materials*. – 2013. – Vol. 25. – P. 378 – 399.
2. Velema W.A. Photopharmacology: Beyond Proof of Principle / W.A. Velema, W. Szymanski, B.L. Feringa // *Journal of the American Chemical Society*. – 2014. – Vol. 136. N 6. – P. 2178 – 2191.
3. Klajn R. Spiropyran-based dynamic materials // *Chemical Society Reviews*. – 2014. – Vol. 43. – P. 148 – 184.
4. Metelitsa A.V. Photochromic compounds with high level of colorability based on spiropyrans of coumarin series / A.V. Metelitsa, O.G. Nikolaeva, A.S. Cheprasov, O.Yu. Karlutova, A.A. Burtseva, A.D. Dubonosov, V.A. Bren, V.I. Minkin // *Journal of Photochemistry and Photobiology A*. – 2016. – Vol. 321. – P. 12-18.
5. Saleem M. Optical sensor: a promising strategy for environmental and biomedical monitoring of ionic species / M. Saleem, K.H. Lee // *RSC Advances*. – 2015. – Vol. 5. N 88. – P. 72150 – 72281.

PHOTO- AND IONOCROMIC SPIROPYRANS FOR THE DETECTION OF LANTHANIDE IONS

A.D. Dubonosov¹, V.A. Bren², O.G. Nikolaeva², O.Yu. Karlutova²

¹*Federal Research Centre “Southern Scientific Centre of Russian Academy of Sciences”, Rostov on Don, 344006, Russian Federation, e-mail: aled@ipoc.sfedu.ru*

²*Institute of Physical and Organic Chemistry, Southern Federal University, Rostov on Don, 344090, Russian Federation*

Abstract

Coumarin spiropyrans (SPP) with terminal carbohydrazide substituents were synthesized. UV irradiation of their solutions was found to initiate rearrangement into a deeply colored merocyanine form. In the presence of lanthanide cations, the obtained SPP exhibit a "naked eye" chromogenic effect, accompanied by a change of the solution color from yellow to violet. Synthesized SPP are capable of express-analysis and chromogenic "naked-eye" detection of lanthanide cations.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ОБЪЕКТОВ С ИЗМЕНЯЮЩИМИСЯ ПАРАМЕТРАМИ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ

В.В. Евсева¹; Е.Н. Машенко²

*Севастопольский государственный университет, Севастополь, 299053,
Российская Федерация, e-mail: ¹kaleria4444@gmail.com, ²elmachenko@mail.ru*

Введение. На сегодняшний день одним из важных направлений исследований являются системы мониторинга. Это связано с обилием задач мониторинга параметров нестационарных объектов, решение которых позволило бы качественно улучшить контроль над протекающими в них процессами. Развитие интеллектуальных систем мониторинга особенно актуально для задач экологического мониторинга, где важна оперативность полученных данных.

Последние достижения в развитии технологий беспроводных сетей позволили создать технические условия для создания многофункциональных сенсорных устройств с несколькими типами датчиков (химические, биологические и т.д.) с низким энергопотреблением. Такие сети называются беспроводными сенсорными сетями (БСС). БСС могут быть использованы для наблюдения и реагирования в соответствии с физическими явлениями исследуемого объекта без необходимости человеческого контроля или вмешательства. Таким образом, технология БСС предоставляет огромный потенциал для создания систем интеллектуального мониторинга, в которых окружающие физические явления в определенных средах или объектах контролируются более точно и оперативно по сравнению с традиционными методами мониторинга.

Интеллектуальный мониторинг. Интеллектуальный мониторинг подразумевает использование окружающего интеллекта (ambient intelligence) в анализе данных и принятии решений. Окружающий интеллект представляет собой чувствительную электронную среду, где устройства работают согласованно и помогают людям в выполнении их повседневных дел и задач, используя информацию и интеллектуальный анализ данных, передаваемых в сети, которая соединяет эти устройства [1]. Развитие электроники позволяет делать устройства мониторинга миниатюрными и интегрированными в наблюдаемую среду.

Окружающий интеллект охватывает различные области науки и техники, такие как робототехника, БСС, человеко-машинные интерфейсы (ЧМИ), искусственный интеллект (ИИ) и другие. Можно сказать, что окружающий интеллект является расширением ИИ, в которое добавлено восприятие, а также взаимодействие с используемой системой.

При описании существующих приложений БСС следует отметить, что точное разделение на определенные области применения сенсорных сетей невозможно, потому что многие приложения пересекаются друг с другом. Например, системы для отопления и контроля освещения могут использоваться как в умных домах, так и в офисных помещениях; датчики, используемые для управления зданием или для различных гражданских и экологических инженерных задач, также может быть использованы для прогнозирования чрезвычайных ситуаций и т.д. Это позволяет говорить о том, что, несмотря на отсутствующее типовое решение для БСС, данная технология может использоваться в различных областях одинаково успешно [2-6].

Интеллектуальный мониторинг в первую очередь опирается на сенсорные данные из реального мира, получаемые с помощью технологии БСС.

БСС состоят из небольших и недорогих маломощных сенсорных узлов, оборудованных датчиками и объединенных в единую беспроводную сеть, которые фиксируют параметры окружающей среды, такие как температура, влажность, дневной свет, давление и т. д.

Сенсорные узлы могут быть развернуты с высокой плотностью размещения в физическом пространстве, обеспечивая и находясь в непосредственной близости к физическим явлениям и обеспечивая экологический мониторинг. Данные экологического мониторинга отправляются на централизованный узел, как правило сервер, для дальнейшего анализа и принятия решений.

Несмотря на определенные преимущества, сенсорные узлы имеют множество ограничений: ограниченные источники энергии, небольшой объем памяти и ограниченная вычислительная мощность. Кроме того, из-за большого количества сенсорных узлов, состоящих в сети, возникают проблемы с масштабируемостью сети, надежностью передачи данных, информационной безопасностью, предварительным анализом данных средствами самой сети [7].

Тем не менее, БСС являются базовой инфраструктурой для многих интеллектуальных приложений, поддерживающих мониторинг окружающей среды (например, мониторинг загрязнения воздуха, загрязнения воды, а также таких стихийных бедствий и чрезвычайных ситуаций, таких как извержения вулканов, наводнения, пожары и т. д.).

Беспроводные сенсорные сети применяются для автоматизации мониторинга как в гражданских, так и в военных сферах, однако зачастую данные системы не полностью автоматизированы, требуя участия человека.

Архитектура предлагаемой системы мониторинга. Авторами предлагается следующая трехуровневая архитектура системы экологического мониторинга (рис. 1).

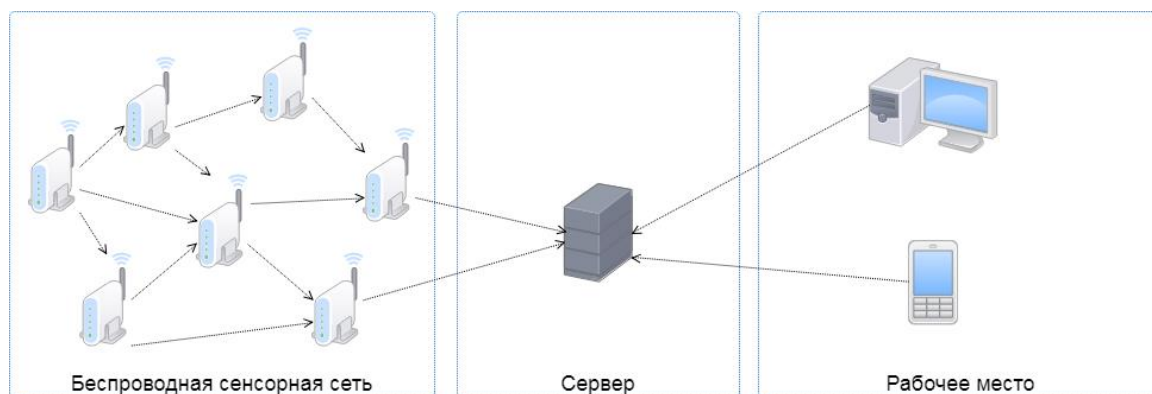


Рис. 1. Структурная схема системы мониторинга

Беспроводная сенсорная сеть представляет собой основную часть системы мониторинга – специализированный под определенную задачу мониторинга аппаратно-программный комплекс. Задачами этого комплекса являются сбор информации, полученной датчиками и передача ее посредством канала связи в программную систему интеллектуального анализа данных экологического мониторинга, установленную на сервере.

Структурная схема программной системы интеллектуального анализа данных экологического мониторинга приведена на рис.2.

Сервер осуществляет прием, обработку и хранение информации, которая поступает от датчиков, установленных в сенсорных узлах. При необходимости, через модуль настройки параметров, пользователь может отправить управляющие воздействия.

К программному обеспечению можно получить доступ через рабочее место пользователя, которое представляет собой персональный компьютер или мобильное

устройство. Рабочее место пользователя представляет собой персональный компьютер или мобильное устройство, имеющие доступ в интернет. Доступ к системе могут иметь администратор и потребители информации. Взаимодействие пользователя с системой происходит посредством веб-приложения, функционирующего на сервере и не требующего установки на конечном устройстве. Таким образом, пользователь при помощи браузера взаимодействует с сервером, на котором осуществляется хранение и обработка данных. Основными преимуществами такого подхода является кроссплатформенность, которая позволяет запустить данное приложение, преимущественно, на любом устройстве и масштабируемость, позволяющая добавлять новые модули для работы с данными. В итоге пользователь получает удаленный и настраиваемый интерфейс для работы со всеми модулями системы.

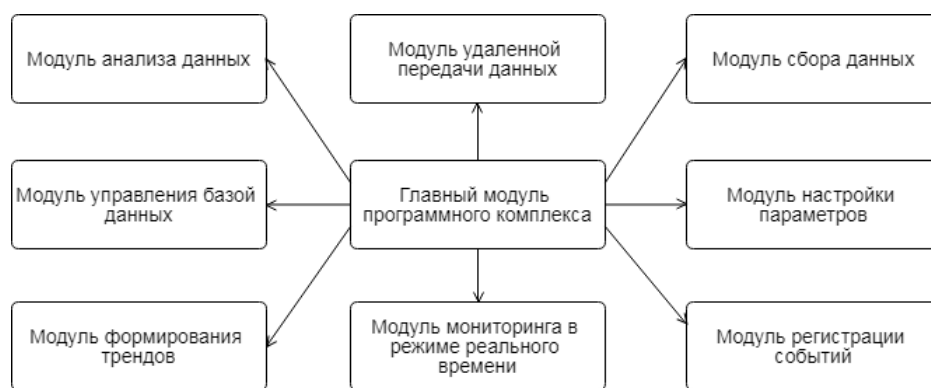


Рис.2. Структурная схема программного комплекса интеллектуального анализа данных экологического мониторинга

Программное обеспечение представляет собой интерактивный интерфейс взаимодействия пользователя с системой и состоит из модуля сбора данных, модуля анализа данных, модуля настройки параметров и др. (Рис.2).

Модуль сбора данных осуществляет сбор данных из базовой станции беспроводной сенсорной сети на основе протокола Zigbee [8]. Модуль удаленной передачи данных принимает данные от рабочего места пользователя для дальнейшей передачи на устройства. Модуль управления базой данных отвечает за хранение данных и обработку запросов. Модуль анализа данных используется для анализа текущих данных мониторинга и сравнения их с установленными пороговыми значениями (например, предельно допустимыми концентрациями вредных веществ).

Модуль мониторинга в режиме реального времени взаимодействует с модулем анализа данных и показывает текущие значения датчиков: вибрацию, температуру, давление и т.д. Модуль настройки параметров используется для настройки пороговых значений для различных состояний исследуемого объекта.

Модуль событий используется для ведения журнала состояний объекта. Модуль формирования трендов отвечает за анализ полученных данных и предсказание следующего состояния объекта.

Выводы. Данная статья рассматривает тенденции развития систем мониторинга. Описывается подход интеллектуального мониторинга. Рассмотрены существующие решения на основе беспроводных сенсорных сетей. Предложена архитектура интеллектуальной системы мониторинга объектов с изменяющимися параметрами на основе беспроводных сенсорных сетей, в приложении к задачам экологического мониторинга.

Основными преимуществами предложенной архитектуры являются:

- отсутствие или минимальное количество кабелей;
- возможность внедрения методов анализа больших данных;
- масштабируемость;

– модульность.

Перспективами дальнейших исследований являются:

1) адаптация предложенной архитектуры под конкретные задачи экологического мониторинга;

2) исследование и внедрение методов анализа больших данных в задачах экологического мониторинга моря и суши Севастопольского региона.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 18-47-920005).

Список литературы:

1. Aztiria A., Izaguirre A., Augusto J.C. Learning patterns in ambient intelligence environments// Artificial. Intelligence, Vol. 34, №1, 2010, pp. 35–51.
2. A. Galloway, “An Internet of Cows (and Sheeps!),” Design Culture Lab, 07 2011. Режим доступа: <http://www.designculturelab.org/2011/07/20/an-internet-of-cows-and-sheeps/>.
3. Green D. R., “Geospatial tools and techniques for vineyard management in the twenty-first century”, The Geography of Wine (P. H. Dougherty, ed.), Springer Netherlands, 2012, pp. 227–245.
4. Kim S., Pakzad S., Culler D., Demmel J., Fenves G., Glaser S., Turon M., “Health monitoring of civil infrastructures using wireless sensor networks”, Information Processing in Sensor Networks, 2007. IPSN 2007. 6th International Symposium on, 2007, pp. 254–263.
5. Mainwaring A., Polastre J., Szewczyk R., Culler D. Wireless Sensor Networks for Habitat Monitoring. In Proc. 1st ACM International Workshop on Wireless Sensor Networks and Applications, 2002. P. 88–97.
6. Sohraby K., Minoli D., Znati T. Wireless Sensor Network, Technology, Protocols and Applications. John Wiley & Sons, New Jersey, 2007. P. 1-2.
7. Мозговая В.В., Мащенко Е.Н. Анализ проблем практической реализации беспроводных сенсорных сетей // Мир компьютерных технологий: Сборник статей студенческой научно-технической конференции. - Севастополь: М-во образования и науки РФ, Севастопольский государственный университет, 2017. - С. 106-109.
8. ZigBee Standards Overview [Электронный ресурс]/ ZigBee® Alliance. Режим доступа: <http://www.zigbee.org/Standards/Overview.aspx>.

DEVELOPMENT OF MONITORING SYSTEMS OF OBJECTS WITH VARIABLE PARAMETERS BASED ON WIRELESS SENSOR NETWORK TECHNOLOGY

V.V. Evseeva¹, E.N. Mashchenko²

Sevastopol State University, Sevastopol, 299053, Russian Federation,

e-mail: ¹kaleria4444@gmail.com, ²elmachenko@mail.ru

Abstract

The rationale for the use of wireless sensor networks in monitoring systems of objects with varying parameters is given. Existing solutions for object monitoring are described. A possible system architecture is proposed using a sensor network for data acquisition, transmission, and preprocessing. Highlighted promising areas of application of the system.

МЕТОД ПОВЕРХНОСТНЫХ ГАРМОНИК ДЛЯ НЕЙТРОННО-ФИЗИЧЕСКОГО РАСЧЕТА ГЕТЕРОГЕННОГО РЕАКТОРА С НЕСИММЕТРИЧНЫМИ ЯЧЕЙКАМИ

А.В. Ельшин^{1,2}

¹ФГУП «НИТИ им. А.П. Александрова», г. Сосновый Бор, 188540, Россия,
e-mail: elchine@niti.ru

²ИЯЭ (филиал) СПбПУ Петра Великого, г. Сосновый Бор, 188540, Россия,
e-mail: pie_aes@erc.sbor.net

Введение. В настоящее время в связи с усложнением конструкций ТВС, растущей «гетерогенностью» активной зоны, ужесточением требований к точности ее расчета, представляется целесообразным отказаться при нейтронно-физическом расчете реактора от традиционно применяемого метода гомогенизации, в котором после получения эффективных малоэнергетических характеристик ячеек гетерогенная активная зона, по сути, превращается в кусочно-гомогенную. Для нахождения распределения нейтронов в такой зоне решается уравнение диффузии конечно-разностными (нодальными) методами.

Одним из подходов, демонстрирующих последовательный отказ от гомогенизации, является метод поверхностных гармоник (МПГ), который в начальный период своего развития выступал как обоснование и уточнение метода гомогенизации (смотрите, например, [1], [2]). Основные принципы метода, заложенные в него, описаны в работах [3], [4].

Развитие МПГ осуществлялось и в последующих работах учеников Лалетина Н.И., показывалась необходимость и удобство применения этого метода для расчета пространственно-энергетического распределения нейтронов в неоднородных активных зонах (смотрите, например, работы [5-7]). В простейших вариантах МПГ получаемые конечно-разностные уравнения сводятся к виду, похожему на конечно-разностную аппроксимацию уравнения диффузии. При получении уравнений, как правило, используется симметрия ячеек, на которые разбивается активная зона. В настоящей работе демонстрируется возможность построения уравнений и для активной зоны с несимметричными ячейками.

Получение уравнений. При несимметричных ячейках в качестве граничных условий для пробных функций используем нулевые нечетные угловые моменты распределения нейтронов на всех гранях, кроме n -й грани ($n=1, \dots, N$) ячейки, на которой задаем единичный l -й нечетный угловой момент ($l=1, 3, \dots, L$) с g -м ($g=1, 2, \dots, G$) спектром нейтронов $\theta_{gl}^n(\mathbf{r}_s, E)$ ($\int_{\Gamma_n} \theta_{gl}^n(\mathbf{r}_s, E) dS dE = 1$). Таким образом, для каждой

ячейки имеем $N \frac{L+1}{2} G$ пробных функций (будем обозначать $f_{ngl}(\mathbf{r}, E, \boldsymbol{\Omega})$ или, для краткости $f_{ngl}(\boldsymbol{\omega})$), а распределение нейтронов в ячейке записывается в виде :

$$\Phi(\boldsymbol{\omega}) = \sum_{n=1}^N \sum_{g=1}^G \sum_{l=1,3,\dots}^L A_{ngl} f_{ngl}(\boldsymbol{\omega})$$

(индекс ячейки опущен). Такие пробные функции используют, как правило, в методе матриц отклика. В МПГ рекомендуется упорядочить пробные функции по важности (по симметрии). При несимметричных ячейках удобно упорядочивать по схемам втекания токов (нечетных угловых моментов распределения) нейтронов. Для двумерной геометрии с не обязательно квадратными ячейками схемы втекания изображены на рис. 1.

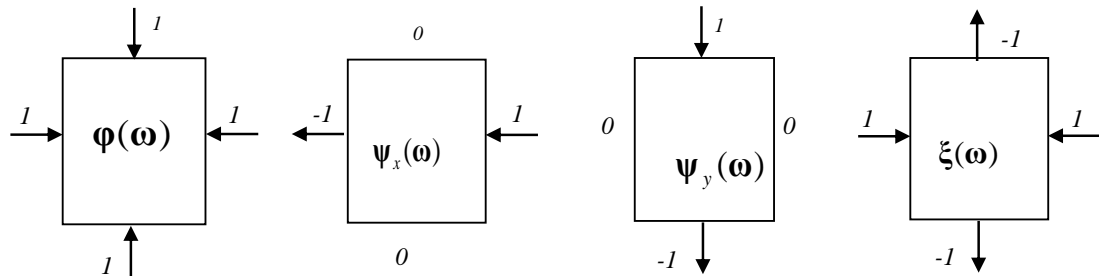


Рис. 1. Втекание нейтронов (g-й группы, l-й момент) для разных пробных функций

Распределение нейтронов в ячейке после упорядочивания пробных функций можно записать в матрично-векторном виде

$$\Phi(\omega) = \varphi^T(\omega)\mathbf{I} + \psi_x^T(\omega)\mathbf{J}_x + \psi_y^T(\omega)\mathbf{J}_y + \xi^T(\omega)\mathbf{P}$$

В этом выражении вектора \mathbf{I} , \mathbf{J} , \mathbf{P} состоят из амплитуд пробных функций (сначала упорядочиваем по индексу групп, потом по индексу угловых моментов), «T» - знак транспонирования.

При этом плотности потока нейтронов (и другие четные угловые моменты) будут разными на разных гранях ячейки. Следует сказать, что в МПГ рекомендуется выбирать число пробных функций, кратным числу граней (и групп нейтронов). В этом случае можно записывать условия сшивки решений на каждой грани ячейки, а это упрощает процедуру их преобразования и сведения к виду, удобному для решения численными методами. В качестве условий сшивки фигурирует равенство нечетных угловых моментов (в традиционном случае только нормальной проекции тока нейтронов) и равенство четных моментов на каждой грани ячейки. Обычно сшивают плотность потока нейтронов, в общем случае должны сшиваться линейные комбинации двух последовательных четных угловых моментов, вектор таких комбинаций на поверхности ячейки будем обозначать $\Phi(\mathbf{r}_s, E)$. В условия сшивки на n-й грани коэффициентами перед векторами амплитуд пробных функций будут входить матрицы типа $\mathbf{f}_n^n = \int_0^\infty \int_{\Gamma_n} \theta_n(\mathbf{r}_s, E) \mathbf{f}_n(\mathbf{r}_s, E) dS dE$ размерностью $\frac{L+1}{2}G \times \frac{L+1}{2}G$.

При этом матрица $\theta_n(\mathbf{r}_s, E)$ имеет $\frac{L+1}{2}G$ строк и $\frac{L+1}{2}$ столбцов (в простейшем случае при $L=1$ это вектор-столбец, а матрица $\tilde{\mathbf{f}}_n(\mathbf{r}_s, E)$ состоит из $\frac{L+1}{2}$ строк и $\frac{L+1}{2}G$ столбцов (при $L=1$ это вектор-строка).

Запишем для примера условия сшивки на правой грани ячейки, изображенной на рис. 1. Для однозначности нумеровать грани будем отдельно по x и по y. Правая и верхняя грани будем нумеровать цифрой 1, левую и нижнюю цифрой 2. Ячейки по оси x будем нумеровать индексом i, по оси y – j, верхний индекс у пробных функций говорит о том, на какой грани вычисляются четные моменты пробных функций (знак “~” над матрицами четных моментов пробных функций опускаем во избежание громоздкости формул).

$$\mathbf{I}^{i,j} + \mathbf{J}_x^{i,j} + \mathbf{P}^{i,j} = -\mathbf{I}^{i+1,j} + \mathbf{J}_x^{i+1,j} - \mathbf{P}^{i+1,j}$$

$$\varphi_{i,j}^{x_1} \mathbf{I}^{i,j} + \psi_{xi,j}^{x_1} \mathbf{J}_x^{i,j} + \psi_{yi,j}^{x_1} \mathbf{J}_y^{i,j} + \xi_{i,j}^{x_1} \mathbf{P}^{i,j} = \varphi_{i+1,j}^{x_2} \mathbf{I}^{i+1,j} - \psi_{xi+1,j}^{x_2} \mathbf{J}_x^{i+1,j} + \psi_{yi+1,j}^{x_2} \mathbf{J}_y^{i+1,j} + \xi_{i+1,j}^{x_2} \mathbf{P}^{i+1,j}$$

Исключим из этих уравнений амплитуду $\mathbf{J}_x^{i+1,j}$:

$$\mathbf{I}^{i,j} + \mathbf{J}_x^{i,j} + \mathbf{P}^{i,j} = (\psi_{xi,j}^{x_1} + \psi_{xi+1,j}^{x_2})^{-1} (\mathbf{R}_{i+1,j}^{x_2} \Phi_{i+1,j}^{x_1} + \mathbf{r}_{i+1,j}^{x_2} \mathbf{f}_{i+1,j}^{x_1} + \psi_{yi+1,j}^{x_2} \mathbf{J}_y^{i+1,j} - \mathbf{R}_{i,j}^{x_1} \Phi_{i,j}^{x_1} - \mathbf{r}_{i,j}^{x_1} \mathbf{f}_{i,j}^{x_1} - \psi_{yi,j}^{x_1} \mathbf{J}_y^{i,j}) \quad (1)$$

В этом выражении величина $\Phi_{i,j}^{x_1} = (\varphi_{i,j}^{x_1} - \psi_{xi,j}^{x_1}) \mathbf{I}^{i,j}$ близка к вектору средних

групповых четных моментов в ячейке, $\mathbf{R}_{i,j}^{x_n} = (\Phi_{i,j}^{x_n} - \Psi_{xi,j}^{x_n})(\Phi_{i,j}^{x_1} - \Psi_{xi,j}^{x_1})^{-1}$ - «неравномерность» четных моментов на грани ячейки по отношению к выбранной грани (в симметричной ячейке – единичная матрица), слагаемые типа $\Psi_{yi+1,j}^{x_2} \mathbf{J}_y^{i+1,j}$ возникли именно из-за возможной асимметрии ячеек, $\mathbf{r}_{i,j}^{x_n} = (\xi_{i,j}^{x_n} - \Psi_{xi,j}^{x_n})(\xi_{i,j}^{x_1} - \Psi_{xi,j}^{x_1})^{-1}$, $\mathbf{f}_{i,j}^{x_1} = (\xi_{i,j}^{x_1} - \Psi_{xi,j}^{x_1})\mathbf{P}^{i,j}$, - слагаемые типа $\mathbf{r}_{i,j}^{x_1} \mathbf{f}_{i,j}^{x_1}$ в обычных уравнениях не учитываются – такого рода пробные функции не учитываются в традиционном методе гомогенизации.

Выражение (1) представляет собой не что иное, как некоторое обобщение закона Фика для тока (нечетных угловых моментов распределения) нейтронов между ячейками i и $i+1$. В правой части в скобках находится разность некоторым образом усредненной плотности потока (четных моментов распределения) нейтронов в этих ячейках. Выражение $(\Psi_{xi,j}^{x_1} + \Psi_{xi+1,j}^{x_2})^{-1}$ представляет собой комбинацию коэффициентов диффузии (полных матриц) в ячейках i и $i+1$.

Аналогичное (1) выражение мы можем получить при шивке нечетных и четных моментов распределения нейтронов на грани x_2 :

$$\mathbf{I}^{i,j} - \mathbf{J}_x^{i,j} + \mathbf{P}^{i,j} = (\Psi_{xi-1,j}^{x_1} + \Psi_{xi,j}^{x_2})^{-1} (\mathbf{R}_{i-1,j}^{x_1} \Phi_{i-1,j}^{x_1} + \Psi_{yi-1,j}^{x_2} \mathbf{J}_y^{i-1,j} + \mathbf{r}_{i-1,j}^{x_1} \mathbf{f}_{i-1,j}^{x_1} - \mathbf{R}_{i,j}^{x_2} \Phi_{i,j}^{x_2} - \Psi_{yi,j}^{x_2} \mathbf{J}_y^{i,j} - \mathbf{r}_{i,j}^{x_2} \mathbf{f}_{i,j}^{x_2}) \quad (2)$$

Отметим, что сумма уравнений (1) и (2) может при вычисленных $\Phi_{i,j}^{x_1}$ и $\mathbf{f}_{i,j}^{x_1}$ служить для итерационного вычисления $\mathbf{J}_x^{i,j}$.

Такого же рода выражения можно получить для токов (нечетных моментов распределения) нейтронов, втекающих в ячейку с у-граней.

$$\mathbf{I}^{i,j} + \mathbf{J}_y^{i,j} - \mathbf{P}^{i,j} = (\Psi_{yi,j}^{y_1} + \Psi_{yi,j+1}^{y_2})^{-1} (\mathbf{R}_{i,j+1}^{y_2} \Phi_{i,j+1}^{y_2} - \mathbf{r}_{i,j+1}^{y_2} \mathbf{f}_{i,j+1}^{y_2} + \Psi_{xi,j+1}^{y_2} \mathbf{J}_x^{i,j+1} - \mathbf{R}_{i,j}^{y_1} \Phi_{i,j}^{y_1} + \mathbf{r}_{i,j}^{y_1} \mathbf{f}_{i,j}^{y_1} - \Psi_{xi,j}^{y_1} \mathbf{J}_x^{i,j}) \quad (3)$$

$$\mathbf{I}^{i,j} - \mathbf{J}_y^{i,j} - \mathbf{P}^{i,j} = (\Psi_{yi,j-1}^{y_1} + \Psi_{yi,j}^{y_2})^{-1} (\mathbf{R}_{i,j-1}^{y_1} \Phi_{i,j-1}^{y_1} - \mathbf{r}_{i,j-1}^{y_1} \mathbf{f}_{i,j-1}^{y_1} + \Psi_{xi,j-1}^{y_2} \mathbf{J}_x^{i,j-1} - \mathbf{R}_{i,j}^{y_2} \Phi_{i,j}^{y_2} + \mathbf{r}_{i,j}^{y_2} \mathbf{f}_{i,j}^{y_2} - \Psi_{xi,j}^{y_2} \mathbf{J}_x^{i,j}) \quad (4)$$

Эти четыре выше полученные уравнения (1-4) можно записать для каждой ячейки, таким образом мы получим замкнутую систему алгебраических уравнений (с учетом граничных условий). Основная переменная в этой системе уравнений $\Phi_{i,j}^{x_1}$.

Для ее нахождения удобно использовать уравнения, получающиеся суммой (1-4), итоговое уравнение похоже на конечно-разностную аппроксимацию уравнения диффузии:

$$(\Psi_{xi+1,j}^{x_2} + \Psi_{xi,j}^{x_1})^{-1} (\mathbf{R}_{i+1,j}^{x_2} \Phi_{i+1,j}^{x_2} - \mathbf{R}_{i,j}^{x_1} \Phi_{i,j}^{x_1}) + (\Psi_{xi-1,j}^{x_1} + \Psi_{xi,j}^{x_2})^{-1} (\mathbf{R}_{i-1,j}^{x_1} \Phi_{i-1,j}^{x_1} - \mathbf{R}_{i,j}^{x_2} \Phi_{i,j}^{x_2}) + (\Psi_{yi,j+1}^{y_2} + \Psi_{yi,j}^{y_1})^{-1} (\mathbf{R}_{i,j+1}^{y_2} \Phi_{i,j+1}^{y_2} - \mathbf{R}_{i,j}^{y_1} \Phi_{i,j}^{y_1}) + (\Psi_{yi,j-1}^{y_1} + \Psi_{yi,j}^{y_2})^{-1} (\mathbf{R}_{i,j-1}^{y_1} \Phi_{i,j-1}^{y_1} - \mathbf{R}_{i,j}^{y_2} \Phi_{i,j}^{y_2}) - \Sigma_{i,j}^{x_1} \Phi_{i,j}^{x_1} + \mathbf{q}_{i,j} = 0 \quad (5)$$

В уравнение (5) введена матрица $\Sigma_{i,j}^{x_1} = 4(\Phi_{i,j}^{x_1} - \Psi_{xi,j}^{x_1})^{-1}$, которая по физическому смыслу является матрицей усредненных по ячейке макросечений поглощения нейтронов и переходов нейтронов из группы в группу за счет рассеяния и деления ядер. Слагаемое $\mathbf{q}_{i,j}$ можно разделить на две части $\mathbf{q}_{i,j} = \mathbf{q}_{i,j}^{(1)} + \mathbf{q}_{i,j}^{(2)}$. Первое из них

$$\mathbf{q}_{i,j}^{(1)} = (\Psi_{xi,j}^{x_1} + \Psi_{xi+1,j}^{x_2})^{-1} (\mathbf{r}_{i+1,j}^{x_2} \mathbf{f}_{i+1,j}^{x_2} - \mathbf{r}_{i,j}^{x_1} \mathbf{f}_{i,j}^{x_1}) + (\Psi_{xi-1,j}^{x_1} + \Psi_{xi,j}^{x_2})^{-1} (\mathbf{r}_{i-1,j}^{x_1} \mathbf{f}_{i-1,j}^{x_1} - \mathbf{r}_{i,j}^{x_2} \mathbf{f}_{i,j}^{x_2}) - (\Psi_{yi,j}^{y_1} + \Psi_{yi,j+1}^{y_2})^{-1} (\mathbf{r}_{i,j+1}^{y_2} \mathbf{f}_{i,j+1}^{y_2} - \mathbf{r}_{i,j}^{y_1} \mathbf{f}_{i,j}^{y_1}) - (\Psi_{yi,j+k}^{y_1} + \Psi_{yi,j}^{y_2})^{-1} (\mathbf{r}_{i,j-1}^{y_1} \mathbf{f}_{i,j-1}^{y_1} - \mathbf{r}_{i,j}^{y_2} \mathbf{f}_{i,j}^{y_2})$$

связано с учетом дополнительных пробных функций, в традиционной конечно-разностной аппроксимации уравнения диффузии оно отсутствует. Отметим, однако, что неучет этого слагаемого приводит к тому, что не будет соблюдаться правильный предельный переход от двумерного к одномерному случаю. Второе слагаемое

$$\mathbf{q}_{i,j}^{(2)} = (\Psi_{xi,j}^{x_1} + \Psi_{xi+1,j}^{x_2})^{-1} (\Psi_{yi+1,j}^{x_2} \mathbf{J}_y^{i+1,j} - \Psi_{yi,j}^{x_1} \mathbf{J}_y^{i,j}) + (\Psi_{xi-1,j}^{x_1} + \Psi_{xi,j}^{x_2})^{-1} (\Psi_{yi-1,j}^{x_1} \mathbf{J}_y^{i-1,j} - \Psi_{yi,j}^{x_2} \mathbf{J}_y^{i,j}) + (\Psi_{yi,j}^{y_1} + \Psi_{yi,j+1}^{y_2})^{-1} (\Psi_{xi,j+1}^{y_2} \mathbf{J}_x^{i,j+1} - \Psi_{xi,j}^{y_1} \mathbf{J}_x^{i,j}) + (\Psi_{yi,j+k}^{y_1} + \Psi_{yi,j}^{y_2})^{-1} (\Psi_{xi,j-1}^{y_1} \mathbf{J}_x^{i,j-1} - \Psi_{xi,j}^{y_2} \mathbf{J}_x^{i,j})$$

появилось как раз из-за несимметричности ячеек. В симметричных ячейках

$$\Psi_{xi,j}^{a_1} = \Psi_{xi,j}^{a_2} = 0 \quad (a=x, y) \text{ и } \mathbf{q}_{i,j}^{(2)} = 0.$$

Решение тестовых задач. Для демонстрации вышеописанного подхода приведем некоторые новые результаты решения тестовых одномерных (плоских) задач, использованных в работе [8] для демонстрации различных подходов к расчету коэффициентов диффузии в методе гомогенизации. Как предсказывает теория, наибольшую трудность представляет расчет небольших систем. Поэтому ниже рассматриваются приложения МПГ к решению задач (на собственное значение) с 5-ю и 11-ю “урановыми” пластинами (4 и 10 “уран-плутониевых” пластин, соответственно, пластины разделены “натрием”, смотрите рисунок 2), делая акцент именно на использовании несимметричных ячеек в МПГ.

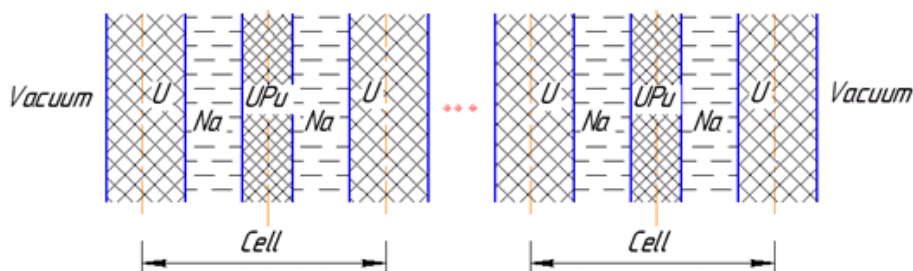


Рис. 2. Геометрия тестовой задачи

В качестве репера в обоих случаях используется решение, полученное в P_{97} -приближении метода сферических гармоник. Приближения МПГ будем нумеровать индексом L следующим образом: L нечетное означает, что на границах ячеек сшиваются четные и нечетные угловые моменты до порядка L , включительно ($L=1$ – некоторый аналог диффузионного приближения), четное L означает, что на границах ячеек сшиваются нечетные угловые моменты до порядка $L-1$, включительно, и комбинации четных моментов распределения нейтронов (до $L-2$ и L , включительно).

В таблице приведены результаты расчета тестовой задачи с 5-ю слоями с помощью метода поверхностных гармоник. Результаты, полученные с несимметричными ячейками, сравниваются с результатами, полученными с традиционным способом выбора симметричных ячеек (границы ячеек в середине уранового слоя, на краях чисто урановые ячейки).

Отметим, что в данном случае не рассматриваем решение с симметричными ячейками с границами в натрии, так как в натрии угловое распределение нейтронов сходится медленно, и результаты расчета с такими ячейками проигрывают приведенным в таблице 1.

Таблица 1

Отклонение собственного значения от реперного в тестовых задачах

Номер МПГ-приближения	Отклонение от реперного (P_{97}) решения (в 0.001%), симметричные ячейки		Отклонение от реперного (P_{97}) решения (в 0.001%), асимметричные ячейки	
	5 U-слоев	11 U-слоев	5 U-слоев	11 U-слоев
1	-1850.6	-797.5	-1870.6	-791.5
2	2100.3	-	2100.3	
3	-338.1	-72.6	-325.1	-61.6
4	462.8	-	464.5	
5	-94.6	-19.7	-84.0	-16.6
6	142.5	-	-	
7	-34.5	-8.8	-29.5	-8.1

Данные из таблицы показывают, что решение, полученное с несимметричными ячейками несколько не проигрывает решению, полученному с ячейками симметричными, (а при $L > 4$ – выигрывает). С другой стороны, решение с симметричными ячейками выступает в данном случае как решение, полученное на крупной сетке. Результаты решения тестовой задачи с 11 урановыми пластинами с четными значениями L не приводим, так как видим, что четные приближения проигрывают предыдущим нечетным (и, кроме того, содержат разрывы в плотности потока нейтронов)

Следует отметить, что в случае несимметричных ячеек выбор границ ячеек существенно влияет на результаты расчета. Неудачный выбор границ (например, не в центре зон) может привести к несимметричному решению в симметричной задаче. Для получения симметричного решения потребуется увеличить номер приближения МПГ.

Заключение. Таким образом, в настоящей работе метод поверхностных гармоник применен для получения системы конечно-разностных уравнений, описывающих распределение нейтронов в гетерогенном реакторе с несимметричными ячейками (на нерегулярной сетке). В рамках полученной системы уравнений переход к более высоким приближениям (уход от диффузионного приближения) осуществляется лишь увеличением размерности матриц-коэффициентов уравнений (и, естественно, увеличением количества пробных функций, применяемых для описания распределения нейтронов в элементарных ячейках гетерогенного реактора).

Решение тестовых задач показало хорошую работу метода поверхностных гармоник в низшем приближении и существенное увеличение точности получаемых результатов при сшивке на гранях ячеек не только тока и потока нейтронов, но и следующих (вторых, третьих и более высоких) угловых моментов.

Список литературы:

1. Лалетин Н.И. Об уравнениях гетерогенного реактора. Вопросы атомной науки и техники, сер. Физика и техника ядерных реакторов, 1981, в.5 (18), с.31-46
2. Ельшин А.В. Обоснование и уточнение метода гомогенизации гетерогенного реактора (аннотация диссертации). Вопросы атомной науки и техники, серия Физика и техника ядерных реакторов, 1982, вып.5 (27), с.85-86
3. Лалетин Н.И., Ельшин А.В. Вывод конечно-разностных уравнений гетерогенного реактора. Препринты ИАЭ 3280/5 (1980), 3458/5 (1981), 4090/5, (1985) Москва
4. Лалетин Н.И., Ельшин А.В. Система уточненных конечно-разностных уравнений для трехмерного гетерогенного реактора. Атомная энергия т.60, вып.2, 1986.
5. Бояринов В.Ф., Лалетин Н. И. Двумерные уравнения метода поверхностных гармоник для конечных и однородных по высоте решеток // Атомная Энергия, 1991, т. 70, вып. 6, с. 372-376.
6. А.А.Ковалишин, Н.И.Лалетин Некоторые возможности метода поверхностных гармоник (МПГ) для 3D моделирования активной зоны реактора ВВЭР-1000. Материалы 11 семинара по проблемам физики реакторов, Москва, 4-8 сентября 2000 г, стр.113-116
7. А.А. Ковалишин, А.В. Краюшкин, Н.И. Лалетин и др. Применение метода поверхностных гармоник в программе STEPAN/- Атомная энергия, т. 120, вып. 2, с. 249-254, 2016 г
8. T.J.Trahan and E.W.Larsen. An Asymptotic Homogenized Neutron Diffusion Approximation. I Theory/ II Numerical Comparison. Proceeding of Physor2012 – Advances in Reactor Physics – Linking Research, Industry, and Education, Knoxville, Tennessee, USA, April 15-20, 2012, on CD-ROM

**SURFACE HARMONICS METHOD FOR NEUTRON-PHYSICAL
CALCULATION OF HETEROGENEOUS REACTOR
WITH ASYMMETRICAL CELLS**

A.V. El'shin^{1,2}

¹*«Alexandrov NITI», Sosnovy Bor, Leningrad region, 188540, Russia,
e-mail: elchine@niti.ru*

²*Institute of Nuclear Power Engineering (branch) of Peter the Great St. Petersburg
Polytechnic University in the town of Sosnovy Bor, Sosnovy Bor, Leningrad region,
188540, Russia, e-mail: pie_aes@erc.sbor.net*

Abstract

In the present paper, the method of surface harmonics is applied to obtain the system of the finite-difference equations that describe neutron distribution in the heterogeneous reactor with asymmetrical cells (on irregular mesh). Within the obtained system of the equations the transition to higher approximations (refusal from diffusion approximation) is performed only by increasing the dimension of matrixes coefficients of the equations (and, naturally, increasing the number of the trial functions applied to describe the distribution of neutrons in elementary cells of the heterogeneous reactor).

The solution of test tasks has demonstrated the and essential increase in accuracy of the received results for sewing the neutron current, neutron flux and the following angular momenta (second, third and higher) on the cell faces.

УДК 534.08

О НЕОБХОДИМОСТИ МОНИТОРИНГА ШУМОВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ МОРСКОЙ СРЕДЫ В ПРИБРЕЖНЫХ АКВАТОРИЯХ

А.М. Еняков¹; О.А. Панин²

ФГУП «ВНИИФТРИ», Московская обл., 141570 Россия,

e-mail: ¹enyakov@vniiftri.ru, ²oapanin@mail.ru

В настоящее время проблемы, связанные с ограничениями воздействия подводного шума антропогенного происхождения на морскую фауну, вышли на международный уровень, включая структуры ООН.

Анализ проводимых исследований свидетельствует о последовательном стремлении зарубежных стран реализовать контроль акустического качества гражданского морского флота с целью уменьшения шумового загрязнения мирового океана до уровней, при которых шумовое воздействие не оказывало бы негативного влияния на морскую фауну.

В рамках принятой в 2008 г. Международной морской организацией (ИМО) программы работ «Шум от коммерческого судоходства и его влияние на морскую фауну» [1] и последующей разработкой Рамочной Директивы по Морской Стратегии Евросоюза (Directive 2008/56/EC) о необходимости контроля подводных шумов, вызванных судоходством, для достижения «хорошего состояния окружающей среды» (Good Environmental Status - GES) в европейских водах Еврокомиссия и страны-члены Евросоюза в последующее время разработали критерии и методологические стандарты для определения этого «состояния» [2].

В 2014 году Технической подгруппой по подводному шуму (the Technical Sub-Group on Underwater Noise – TSGN), созданной в 2010 г. руководством по морским делам государств – членом Евросоюза, подготовлен отчет [3] с подробным изложением мероприятий, методов и средств для имплементации директивы MSFD в реальную практику оценки экологического состояния прибрежных акваторий, которую рекомендуется проводить каждые 5 лет странам-членам Евросоюза, имеющим выход к морю. В отчете TSGN [3] было уточнено определение критериев GES и обоснованы предложения по количественному наполнению их содержания. Эти уточнения состоят в следующем.

Подводные звуки антропогенного происхождения могут быть кратковременными в виде импульсов давления (например, при сейсморазведке или забивке свай при сооружении морских ветровых электростанций, а так же подводных взрывах) или продолжительными (например, при дноуглубительных работах, эксплуатации энергетических установок или из-за судоходства), эффекты от воздействия которых на морские организмы существенно отличаются друг от друга. Поэтому критерии GES, определяющие шумовое загрязнение окружающей среды как результат антропогенной деятельности, представляют собой два показателя, первый из которых относится к импульсному воздействию подводного звука, а второй – к непрерывному шумовому «загрязнению».

Критерий импульсного воздействия (показатель 11.1 по терминологии MSFD) определяют как процентную долю дней и их распределение в течение календарного года по географическим точкам с определенным их расположением в заданной акватории, для которых величина звукового воздействия, измеряемая как уровень источника (уровень звуковой экспозиции в дБ отн. 1 мкПа²·с или уровень пикового звукового давления в дБ отн. 1 мкПа) на расстоянии 1 м от антропогенного источника звука в диапазоне частот от 10 Гц до 10 кГц превышает соответствующую величину, которая может оказать значительное воздействие на морских животных, обитающих

в данной акватории. TSGN предложила пределы, выше которых выявленные источники громкого звука и параметры их акустического выхода подлежат занесению в специальный «Регистр» исследуемой акватории. Для наиболее распространенных источников импульсного шумового воздействия эти пределы от 176 до 209 дБ относ. 1 мкПа·м.

Критерий непрерывного звукового воздействия низкой частоты (показатель 11.2 по терминологии MSFD) определяют как **тренды изменения уровня окружающего шума** в 1/3 октавных полосах с центральными частотами 63 и 125 Гц, измеренного в дБ относ. 1 мкПа и усредненного за каждый год. Эти частотные полосы выбраны в качестве критических потому, что именно в этой части спектра доминирует подводный шум, излучаемый проходящими судами. Основной проблемой в установлении этого критерия было то, что в настоящее время невозможно количественно определить тенденции изменения окружающего шума из-за антропогенных источников, что затрудняет достижение GES. Поэтому TSGN не смогла предложить какого-либо конкретного значения порогового уровня окружающего шума и считает оценку трендов изменения экологического состояния только промежуточной целью исследований низкочастотного шумового воздействия до тех пор, пока не будет получена доказательная база для установления количественных показателей этого критерия.

Измерения шума рекомендовалось проводить специальными автономными системами с гидрофоном и рекордером, установленными на различных глубинах в специально выбранных местах (например, вблизи трасс с интенсивным судоходством, в шельфовой зоне, отягощенной производственной деятельностью, в местах скопления рыб и пр.), с последующим моделированием результатов на другие точки акватории.

Вскоре после принятия директивы MSFD началась ее практическая реализация. Одним из инициаторов разработки систем мониторинга шумов в морской среде выступила французская экспертная фирма Quiet-Oceans, специализирующаяся на прогнозировании влияния подводного шума на морскую фауну и оценках риска воздействия на окружающую среду морских проектов в области возобновляемой энергии, оффшорных сооружений, сейсморазведки и судоходства [4]. Основатель фирмы Thomas Folegot разработал компьютерную модель **Quonops© Online Services** в качестве достаточно удобного инструмента для мониторинга и прогнозирования подводного шума, основанного на физических моделях распространения акустических волн в океане с использованием входных данных:

- о судоходстве, полученных из автоматизированной системы идентификации крупнотоннажных судов (AIS - Automatic Identification System), дополненных характеристиками шумоизлучения (сигнатурами) судов по результатам их предыдущих измерений или по оценке сигнатур судов подобного типа (если измерения конкретного судна не проводились);

- о профиле распространения подводного звука с учетом температуры и солености морской воды, акустических характеристик морского дна, состоянии морской поверхности, используя компьютерные модели по программе CMEMS [5];

- о состоянии морской поверхности, генерирующей подводный шум, оцениваемый по модели Венца [6];

- о подводном шуме от источников антропогенного происхождения, как импульсных (забивка свай в морское дно, взрывы при морской сейсморазведке), так и продолжительных (работа морских ветроэнергетических установок, приливных электростанций, буровые работы на морском дне и пр.), измеряемом с помощью гидрофонов, установленных на специально выбранных позициях.

Компьютерная модель мониторинга Quonops© Online Services была неоднократно апробирована во многих европейских проектах (более 15), выполненных в течение последующих 6 лет после ее создания (2010 г.). Предсказываемые с ее помощью уровни подводного шума были с достаточной точностью подтверждены измерениями в Атлантике, Ирландском, Северном и Средиземном морях.

Если речь идет о шумовом загрязнении морских акваторий, то нельзя обойти вниманием Балтийское море, которое ИМО включила в список из 12 особо уязвимых с точки зрения экологии морских районов. За последние десятилетия уровень подводного шума, связанного с судоходством и производственной деятельностью в Балтийском море, постоянно увеличивался. Ожидается, что к 2030 году число судов, находящихся в его акватории, удвоится [3]. Увеличится и процентный состав крупнотоннажных судов, ответственных за наиболее сильное шумовое воздействие. Нельзя не учесть и стремительное развитие европейского сектора морской ветроэнергетики.

Для того, чтобы оценить шумовое состояние Балтийского моря в целом, выявить его наиболее зашумленные участки и их сезонное распределение, наметить пути реализации постоянного мониторинга степени его шумового загрязнения, государствами – членами ЕЭС, имеющими выход к Балтийскому морю, в 2012 – 2016 г.г. поставлен проект **BIAS (Baltic Sea Information on the Acoustic Soundscape)**, основной целью которого было определение условий, при которых шумовое воздействие не оказывало бы негативного влияния на морскую фауну [7]. Проект выполнялся специалистами Финляндии, Эстонии, Польши, Швеции, Германии и Дании под руководством НИИ Шведского оборонного агентства. Руководил проектом проф. Peter Sigrau (Швеция).

В проекте предполагалось решить следующие задачи:

- разработать и внедрить методы и средства для проведения мониторинга подводных шумов в соответствии с рекомендациями MSFD и TSGN, унифицированные, как минимум, для Балтийского региона;
- продемонстрировать на региональном уровне преимущества транснационального подхода к мониторингу шумов;
- создать карты «звукового ландшафта», привязанные к коммерческому судоходству в Балтийском море, которые должны стать первоначальной оценкой для выявления тренда в соответствии с будущей программой мониторинга шумов;
- реализовать на основе полученных карт «звукового ландшафта» эффективный инструмент планирования для регулирования уровня шума антропогенного происхождения (например, путем ограничения скорости движения судов, или времени и режимов работы копра при забивке свай, или мощности подводных взрывов);
- разработать и внедрить стандарты на используемое измерительное оборудование, на методы обработки и архивирования результатов измерения, на системы обмена данными.

Значимую часть работ по проекту BIAS составляли измерения подводного шума приемными системами, установленными на 37 позициях в Балтийском море: 8 из них – в прибрежных водах Финляндии, 4 – Дании, 5 – Германии, 5 – Польши, 5 – Эстонии и 10 – Швеции. Все приемные системы были достаточно унифицированы и представляли собой гидрофон 1 (см. рис. 1), установленный в верхней части регистрирующего устройства 2, прикрепленного через буй 3 к акустическому размыкателю 4 с балластным грузом 5, лежащим на морском дне. Особые требования были предъявлены к регистраторам, которые должны записывать спектры измеряемого шума с частотой дискретизации не менее 24 кГц в течение 17 мин. каждого часа общей продолжительностью не менее 3 месяцев, после чего приемные устройства поднимались на борт судна для смены батарей и карт памяти.

Требования к конструкции приемных устройств, методам их постановки на позицию, режимам обслуживания, методам калибровки и съема информации были тщательно оговорены в стандарте, разработанном в ходе выполнения проекта [8]. Второй разработанный в проекте стандарт [9] распространяется на методы обработки измеренных сигналов совместно с внешними данными о судоходстве (из системы AIS), характеристиках водной среды и морского дна, производственной деятельности и пр., получения соответствующих оценок уровней шума, а также форматирова-

ния результатов для последующего моделирования уровней шума в местах, расположенных вдали от позиций установки приемных систем, и составления тем самым карт «звукового ландшафта».

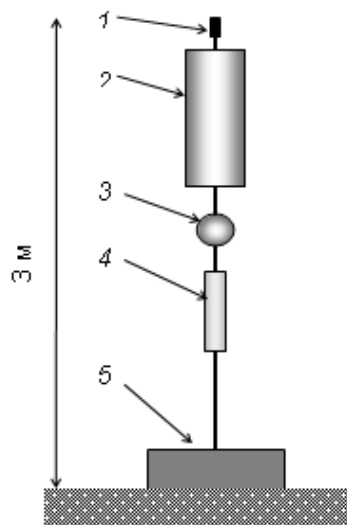


Рис. 1. Схема стандартного приемного устройства BIAS

В результате выполнения проекта и в соответствии с разработанными стандартами было составлено **756** карт «звукового ландшафта» Балтийского моря - по 21 карте на каждый месяц наблюдения и на каждую контролируемую 1/3-октавную полосу частот (с центральными частотами 63, 125 и 2000 Гц). Заложенные в программу фильтры могут представить эти карты в процентилях (долях времени, где окружающий шум больше, чем заданное значение), а также в виде диаграмм уровней шума, усредненных в течение месяца или года, как это требует MSFD. Возможно также «послойное» представление звуковых карт в соответствии с выбранными диапазонами глубины. Предложенное и апробированное при выполнении проекта моделирование (интерполяция и экстраполяция шумовых полей) позволяет существенно снизить количество позиций установки измерительных систем, что важно при проведении ежегодного рутинного и менее трудоемкого мониторинга «непрерывного звукового воздействия» в соответствии с директивой MSFD.

Помимо разработанных стандартов на методы и средства измерений окружающего шума, а также обработки их результатов вплоть до получения карт «звукового ландшафта», несомненным достижением проекта стало также создание общедоступной платформы обмена стандартизированными и достоверными данными по подводному шуму в Балтийском море. Эти данные уже использованы при проектировании трассы подводного газопровода «Северный поток – 2» [10]. Они были также представлены Хельсинской Комиссии по защите морской среды Балтийского моря (HELCOM) для принятия решения о включении их в «дорожную карту», предусматривающую проведение постоянного (и ежегодного) мониторинга подводного шума странами, входящими в HELCOM, в их ЭЭЗ.

Составление и актуализация карт подводного шума для оценки экологического состояния Мирового океана – актуальная задача сегодняшнего дня. В Евросоюзе с 2011 г. по настоящее время были проведены гидрофонные измерения по проектам STRIVE (Ирландия), SEANAT (Германия), ERATO (Франция), AQUO (Испания), MaRVEN (Дания, Бельгия), NRL (Франция), FEG-COU (Франция), SNA (Франция), BENTHOSCOPE (Франция), POSTE H (Франция), ETM (Франция), JETSKI (Франция), PORTIER (Франция), EMDT (Франция), EMYN (Франция), GOEMONIER (Франция) (всего 17), одной из главных целей которых были опробование и валидация современной высокотехнологичной программы Quonops© для составления этих карт.

В Российской Федерации, являющейся членом HELCOM, подобных исследований пока не проводится. В то же время имеются методические и инструментальные возможности для выполнения таких исследований отечественными научно-исследовательскими организациями: Крыловским ГНЦ, АКИН им. Н.Н. Андреева, ФГУП «ВНИИФТРИ», Институтом океанологии им. П.П. Ширшова, ИПФ РАН, ТИПРО-Центр. Организацию таких исследований необходимо осуществлять на федеральном уровне с участием классификационного общества Российский морской регистр, являющегося членом Международной Ассоциации Классификационных Обществ (МАКО).

В заключение еще раз отметим, что в ближайшей перспективе возможно введение ограничительных мер на плавание в экологически чувствительных регионах на основе полученных карт «звукового ландшафта». И к этому необходимо готовиться нашему флоту и судостроению, создавая отечественную систему контроля акустического качества гражданского морского флота и мониторинга подводной среды.

Список литературы:

1. А.М. Еняков, О.А. Панин О нормировании уровней подводного шума гражданских судов// Сб. докладов Международной научно-практической конференции «Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2018», 24 – 27 сентября 2018, г. Севастополь - С.1314 - 1318.
2. EC Decision 2010/477/EU “Criteria and methodological standards on Good Environmental Status of marine waters”.
3. Dekeling, R.P.A. et al. Monitoring Guidance for Underwater Noise in European Seas, Part I: Executive Summary, JRC Scientific and Policy Report EUR 26557 EN Part II: Monitoring Guidance Specifications, JRC Scientific and Policy Report EUR 26555 EN, Part III: Background Information and Annexes, JRC Scientific and Policy Report EUR 26556, 2014.
4. Quiet Oceans Company. Электронный ресурс: <https://tethys.pnnl.gov/institution/quiet-oceans-qo><https://qos.quiet-oceans.com/>
5. Электронные ресурсы: <http://marine.copernicus.eu/>
6. G.M. Wenz. Acoustic Ambient Noise in the Ocean: Spectra and Source// The Journal of the Acoustical Society of America, 34(12), December 1962.
7. Mathias H. Andersson. Field survey - preparation and Measurements campaign. Электронный ресурс: https://biasproject.files.wordpress.com/2016/02/03_field-work_ma.pdf.
8. Verfuß U.K., Andersson M., Folegot T., Laanearu J., Matuschek R., Pajala J., Sigraay P., Tegowski J., Tougaard J. BIAS Standards for noise measurements. Background information, Guidelines and Quality Assurance. Amended version. 2015.
9. Folegot T., Matuschek R., Pajala J., Persson L., Tegowski J., Tougaard J., Wahlberg M. (2015) BIAS Standards for Signal Processing. Aims, Processes and Recommendations. Amended version. 2015.
10. Nord Stream 2. Environmental Impact Assessment Report, Finland, Document number W-PE-EIA-PFI-REP-805-030100EN-09, April 2017.

ABOUT THE NEED OF MONITORING OF NOISE POLLUTION OF THE MARINE ENVIRONMENT IN COASTAL WATERS

A.M. Enyakov¹, O.A. Panin²

*FSUE “VNIIFTRI”, Mendeleevo, Moscow region, 141570 Russia
e-mail: ¹enyakov@vniiftri.ru, ²oapanin@mail.ru*

Abstract

The criteria for assessing the ecological state of the marine environment under the influence of underwater noise of anthropogenic origin are considered. The results of international project BIAS on measuring underwater noise and mapping of the "sound landscape" performed by the countries of the Baltic coast are estimated.

УДК 504.064.3

КАЛИБРОВКА ГАММА-СПЕКТРОМЕТРОВ ПО ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕГИСТРАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОНТРОЛЬНЫХ ОБРАЗЦОВ С СОДЕРЖАНИЕМ РУДЫ УРАНА И ТОРИЯ

А.О. Епифанов

*ФГБУ Научно-производственное объединение «Тайфун» Росгидромета РФ,
Обнинск, 249038, Россия, e-mail: epifanov@rpatyphoon.ru*

Одним из актуальных условий соблюдения экологической безопасности окружающей среды является ведение постоянного радиологического мониторинга биосферы с использованием современных методов гамма-спектрометрии и применением полупроводниковых германиевых детекторов для определения содержания гамма-излучающих радионуклидов в пробах воды, почвы, донных отложений, аэрозолей и пробах биоты. Гамма-анализу предшествует калибровка спектрометрической установки по энергии, энергетическому разрешению и эффективности регистрации гамма-квантов.

В данной работе представлен опыт специалистов ФГБУ «НПО «Тайфун» по калибровке гамма-спектрометров по эффективности регистрации в широком диапазоне энергий гамма-квантов с использованием контрольных образцов урановой и ториевой руды с удельной активностью, измеренной с большой декларированной точностью. Измерение активности тория и радия в контрольных образцах (КО), подготовленных Группой Эталонных материалов Химического отделения Лаборатории физики, химии и инструментальных средств МАГАТЭ (Австрия), выполнялось в рамках межлабораторных сличений, целью которых являлось оценивание квалификации специалистов по спектрометрии из разных лабораторий [1].

В таблице 1 приведены результаты анализа контрольных образцов № 06 и 07, содержащих руду тория и урана соответственно.

Таблица 1

Результаты анализа образца № 06 и 07 в лаборатории НПО «Тайфун»
и контрольные значения МАГАТЭ

Образец № 06				
Радионуклид	Значения МАГАТЭ, Бк/кг сух.массы		Результаты лаборатории, Бк/кг сух.массы	
	Активность(V_{IAEA})	U_{IAEA}	Активность(V_{LAB})	U_{LAB}
Th-232	3250	90	3540	290
U-238	78	6	100	40
U-235	3,6	0,3	<5	–
Образец № 07				
Радионуклид	Значения МАГАТЭ, Бк/кг сух.массы		Результаты лаборатории, Бк/кг сух.массы	
	Активность(V_{IAEA})	U_{IAEA}	Активность(V_{LAB})	U_{LAB}
U-238	4940	30	5200	1000
U-235	228	2	250	50
Th-232	<4	–	<5	–

В таблице 2 приведены экспериментальные результаты калибровки гамма-спектрометра с детектором марки Gem30185 фирмы «EG&G Ortec» (США) в диапазоне энергий от 75 до 2614 кэВ. Калибровка выполнена с помощью контрольного

образца, содержащего руду тория (образец № 06), для препарата объёмом 100 мл, удалённого от торца детектора на 10 см. «Удалённая» геометрия измерения позволяет минимизировать эффект истинных гамма-гамма совпадений, который, в случае размещения препарата на детекторе («близкая» геометрия измерения), заметно уменьшает эффективность регистрации совпадающих гамма-квантов.

Таблица 2

Калибровка препарата с помощью контрольного образца, содержащего руду тория (№ 06), использована масса образца 100 г; активность тория 325 Бк

Радионуклид	Энергия гамма, кэВ	Квантов. выход	N_γ , квант/с	Скорость счёта, имп./с	Фон, имп./с	$\varepsilon(E)$
^{212}Pb , ^{208}Tl	75	0,1150	37,4	0,087	0,0012	0,00229
^{212}Pb	77	0,171	55,6	0,130	0,0016	0,0023
^{228}Ac	93	0,031	10,08	0,05	0,0043	0,00453
^{228}Ac	209,3	0,0389	12,6	0,057		0,00452
^{212}Pb	238,6	0,436	142	0,624	0,004	0,00437
^{228}Ac	270,2	0,0346	11,2	0,044		0,00393
^{212}Pb	300	0,033	10,73	0,040		0,00373
^{228}Ac	338,3	0,1127	36,6	0,130		0,00355
^{208}Tl	583	0,305	99,1	0,222	0,0014	0,00223
^{212}Bi	727,3	0,0667	21,68	0,046		0,00212
^{228}Ac	911	0,258	83,9	0,146	0,0009	0,00173
^{228}Ac	965	0,0499	16,22	0,027		0,00166
^{228}Ac	969	0,158	51,4	0,087	0,0007	0,00168
^{208}Tl	2614,5	0,359	117	0,0866		0,00074

На основании полученных экспериментальных значений (энергия – эффективность, таблица 2) выведена формула зависимости эффективности от энергии $\varepsilon(E)$. Использовано выражение (1), включающее 5 параметров:

$$\varepsilon(E) = \frac{a}{(E+b)} + \frac{c}{(E+d)^2} + f \quad (1)$$

Так же можно использовать формулу, приведенную в [2], включающую 3 параметра.

С помощью программ стандартного пакета «STATISTICA» были определены параметры кривой (1) для 16 пар экспериментальных данных, таблица 2: $a = 1,320723$; $b = 8,964507$; $c = -85,6778$; $d = 3,541383$; $f = 0,000375$. На рис. 1 видно, что кривая (1) при энергиях свыше 1600 кэВ проходит заметно выше экспериментальных точек. Поэтому при измерениях радионуклидов, которые испускают гамма-кванты с энергией более 1600 кэВ, целесообразно аппроксимировать правую ветвь зависимости $\varepsilon(E)$ формулой (2), включающей 4 параметра:

$$\varepsilon(E) = x \cdot E^y + \frac{z}{E} + w \quad (2)$$

На рис. 2 построена кривая эффективности, описываемая формулой (2), при подобранных оптимальных параметрах (12 пар энергия – эффективность, начиная с энергий 209 кэВ, см. таблицу 3): $x = 27,26563$; $y = -0,98452$; $z = -28,6369$; $w = -0,000091$. При этом экспериментальные точки в диапазоне энергий от 200 до 2600 кэВ хорошо укладываются на кривую (2).

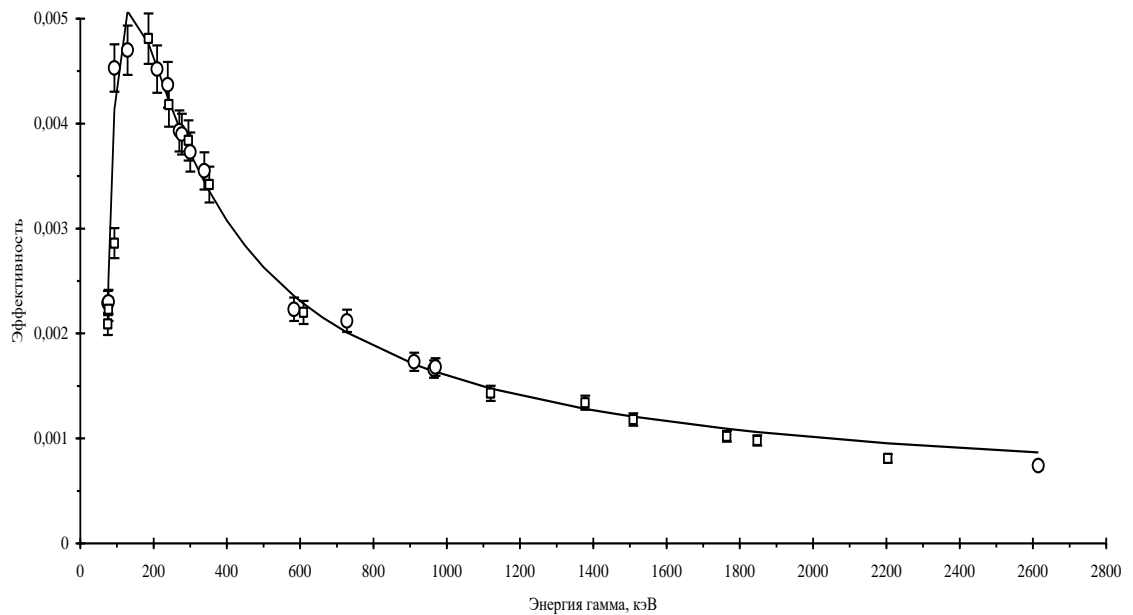


Рис. 1. Зависимость эффективности регистрации от энергии для препарата объёмом 100 мл, удалённого от торца детектора на 10 см при оптимальных значениях параметров a, b, c, d, f .
 ○ – калибровка по руде тория; □ – калибровка по руде урана.
 Показаны 5% границы относительной погрешности для экспериментальных точек.

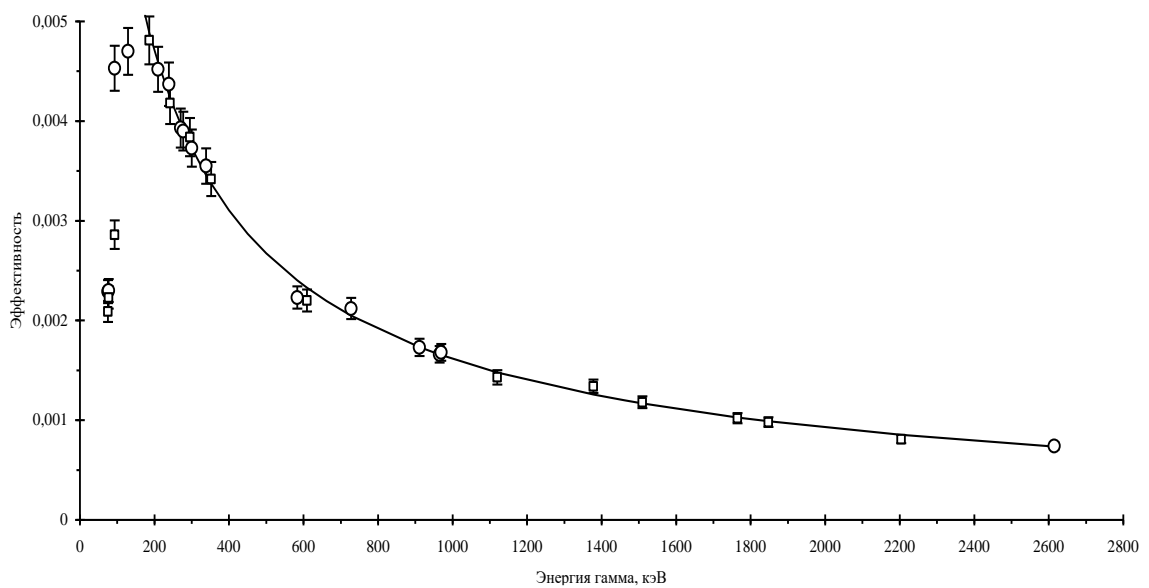


Рис. 2. Зависимость эффективности регистрации от энергии для препарата объёмом 100 мл, удалённого от торца детектора на 10 см при оптимальных значениях параметров x, y, z, w .
 ○ – калибровка по руде тория; □ – калибровка по руде урана.
 Показаны 5% границы относительной погрешности для экспериментальных точек.

Чтобы получить зависимость эффективности регистрации от энергии гамма-квантов в случае размещения препарата объёмом 100 мл на детекторе, целесообразно использовать геометрический коэффициент $G(E)$, который определяется соотношением:

$$G(E) = \frac{\varepsilon_{10}(E)}{\varepsilon_0(E)} \quad (3)$$

где $\varepsilon_{10}(E)$ – эффективность регистрации гамма-квантов с энергией E при размещении препарата на удалении 10 см от детектора;
 $\varepsilon_0(E)$ – эффективность регистрации гамма-квантов с энергией E при размещении того же препарата на детекторе.

В таблице 3 приведены результаты расчёта коэффициента $G(E)$ для препарата объёмом 100 мл и детектора Gem30185, причём при измерениях использовались радионуклиды, не излучающие совпадающих гамма-квантов. Из таблицы 3 видно, что величина $G(E)$ в исследованном диапазоне энергий (122–1461 кэВ) практически не зависит от энергии, следовательно:

$$\varepsilon_0(E) = \frac{\varepsilon_{10}(E)}{0,122} \quad (4)$$

Проведённые расчёты $\varepsilon_0(E)$ с помощью соотношений (1), (2) и (4) показали, что полученные значения эффективности с точностью до 5 % совпадают со значениями, ранее полученными при калибровке детектора с помощью образцовых радиоактивных растворов (ОРР).

Таблица 3

Относительная скорость счёта для препарата объём 100 мл на различном удалении от детектора

Радионуклид	Энергия гамма-квантов, кэВ	Относительная скорость счёта $G(E)$		
		$H = 0$ см	$H = 5$ см	$H = 10$ см
^{57}Co	122	1,00	0,286	0,119
^{139}Ce	165,9	1,00	0,277	0,121
^{137}Cs	661,7	1,00	0,262	0,121
^{137}Cs	661,7	1,00	0,279	0,125
^{138}La	789	1,00	0,276	0,120
^{138}La	1436	1,00	0,284	0,123
^{40}K	1461	1,00	0,280	0,127
Среднее значение	–	1,00	$0,278 \pm 2,8\%$	$0,122 \pm 2,3\%$

Описанный метод определения эффективности по контрольным образцам, содержащим ториевую и урановую руду с аттестованной удельной активностью, применим для случая, когда имеется порошкообразная руда, в которой массовая доля тория (урана) измерена с погрешностью, не превышающей 1% (например, масс-спектрометром), поскольку масса радиоэлемента однозначно связана с его активностью [3]. Активность 1 г природного тория составляет 4070 Бк, активность природного урана определяется активностью ^{238}U – 12340 Бк/г и активностью ^{235}U – 576 Бк/г. Не следует использовать руду после обогащения методом выщелачивания, т.к. в такой руде нарушено радиоактивное равновесие в рядах тория или ^{238}U .

Выводы

Тестирован метод калибровки по эффективности Ge-детектора с использованием контрольных образцов, содержащих аттестованную по активности ториевую и урановую руду. Метод заключается в калибровке детектора в условиях «дальней» геометрии (чтобы исключить влияние эффекта гамма-гамма совпадений на результаты калибровки) и последующего применения геометрического коэффициента $G(E)$ для расчёта эффективности в условиях «ближней» геометрии. Результаты, полученные этим методом, в пределах 5% совпадают с дискретными значениями эффективности, которые были получены ранее с использованием ОРР.

Список литературы:

1. Тертышник Э.Г. Результаты участия лаборатории ФГБУ «НПО «Тайфун» в межлабораторных сличениях, проведённых МАГАТЭ в рамках проекта

- RER3010 / Тертышник Э.Г., Вакуловский С.М., Епифанов А.О.//АНРИ - 2016 - № 4 (87). - С. 41–48.
2. M.C. Perillo. A natural calibration source for determining germanium detector efficiencies /M.C. Perillo Isaac, D. Hurley, R.J. McDonald et al. // Nuclear Instruments & Methods in Physics Research. - 1997. - Vol. A397. - P. 310–316.
 3. Тертышник Э.Г. Применение естественных радиоактивных элементов для калибровки гамма-спектрометров по эффективности регистрации /Тертышник Э.Г., Епифанова И.Э. //Атомная энергия. - 2004 - Т. 97. - Вып. 1. - С.27–33.

GAMMA-SPECTROMETER'S CALIBRATION UNDER THE REGISTRATION EFFICIENCY BY THORIUM AND URANIUM ORE REFERENCE SAMPLES

A.O. Epifanov

*Research&Production Association «Typhoon» of Roshydromet RF, Obninsk,
e-mail: epifanov@rpatyphoon.ru*

Abstract

One of the most important conditions for keeping up environmental safety performance is the continuously radiological monitoring carried out with the employment current gamma spectrometry methods for assessment gamma-ray radionuclides content in water, soil, sediments and biota samples using semiconductor germanium detectors.

The spectrometer's energy calibration, peak-width calibration and calibration under the gamma-quantums registration efficiency must be carried out before the gamma-analyze performance.

The information about the method for testing of gamma-spectrometer's calibration under the registration efficiency by Thorium and Uranium ore reference samples whose activity has been estimated measured with high-precision measurement in case of wide range of gamma-quantums's energy, carried out by scientists from RPA «Typhoon» is described in this article.

Measurements of activities of Thorium and Uranium ore reference samples activities their has been formed by Reference Materials Group from Laboratory of Physics, Chemistry and Toolbox (IAEA, Austria) has been carried out within the interlaboratory comparisons framework whose aim is to estimate spectrometric specialists qualification from different laboratories.

The method is based on the fact that the spectrometer's detector calibration must be carried out under “far geometry” condition (to eliminate true gamma-gamma coincidence factor influence on result calibration) and a geometric coefficient $G(E)$ must be used for the further efficiency calculation under “near geometry” condition.

Results of gamma-spectrometer's detector calibration obtained by presented here method are similar to the results by getting method using radioactive standard solutions with 5% error.

The experimental data of analysis from Thorium and Uranium ore reference samples activity are presented in this article. The information on calculations for geometry coefficient under “far geometry” measurements and graphs of detection efficiency as function of energy are given as well.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ УТИЛИЗАЦИИ ТКО ДЛЯ ТЕПЛОВОЙ СХЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОЙ ТЭС НА ТКО

А.Н. Ефремов, А.А. Дудолин

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ»,
Москва, 111250, Россия, e-mail: anefremow@mail.ru*

Введение. Использование отходов в качестве ресурса для получения вторичного сырья и энергии становится все более привлекательным вариантом для коммерческих структур и местных органов власти во всем мире. Термическая утилизация способствует сокращению захоронения несортированных ТКО на полигонах, а также позволяет утилизировать отходы, которые не могут быть эффективно использованы для получения вторичного сырья или рекуперации путем биологической очистки (например, компостирования) при применении технологий сортировки отходов.

В соответствии с [1], на территории России утверждена Стратегия развития промышленности по обработке утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года с применением мирового принципа «3R» (предотвращение образования отходов, повторное использование, переработка во вторичные ресурсы). Таким образом, энергетические комплексы, в которых полученная при термической утилизации ТКО теплота полезно используется с целью производства электрической, тепловой энергии для покрытия собственных нужд энергетического комплекса или внешних потребителей (далее ТЭС на ТКО) становятся неотъемлемой частью структуры комплексной переработки твердых бытовых отходов.

Промышленное применение ТЭС на ТКО в России ограничивается лишь несколькими крупными промышленными образцами [2]. Недостаток опыта в сфере инжиниринга и проектирования вызывает серьезные трудности при выборе типа и необходимого состава оборудования для конкретных условий. На данный момент отсутствуют рекомендации по выбору технологии термической утилизации ТКО и структуры ТЭС в целом. Отсутствует также комплексный подход в оценке влияния состава ТКО на выбор технологии термической утилизации. В свою очередь, выбор оптимальной структуры ТЭС на ТКО требует тщательного рассмотрения технических, экологических, нормативных и экономических вопросов при оценке стоимости жизненного цикла и воздействия на окружающую среду.

Автором производится разработка методики сравнения и выбора предпочтительной структуры ТЭС на ТКО для различных условий её размещения и различного морфологического состава ТКО, определяются требования, задачи анализа, перечень вариантов и перечень критериев сравнения структур ТЭС на ТКО.

На первом этапе разработки методики сравнения структур ТЭС на ТКО произведен обзор наиболее распространенных в мировой промышленности технологий термической утилизации ТКО, предложен перечень возможных вариантов и критериев для их сравнения.

Обзор технологий термической утилизации ТКО. Процессы термической утилизации можно разделить на три категории (сжигание, газификация и пиролиз), различающиеся в зависимости от значения коэффициента избытка воздуха в топочной камере: как показано из рис.1, **сжигание** происходит в среде с избытком воздуха, **газификация** представляет собой процесс частичного окисления, требующий

избытка воздуха несколько ниже уровня стехиометрического, а **пиролиз** происходит при отсутствии подачи воздуха.

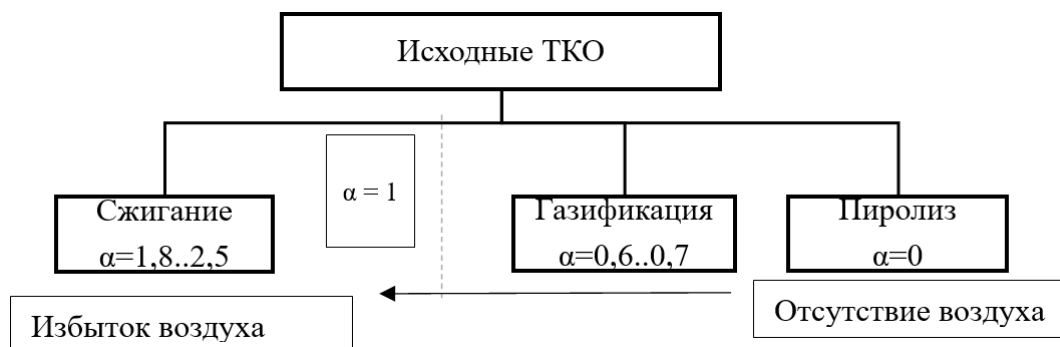


Рис.1. Различие коэффициента избытка воздуха для различных технологий термической утилизации ТКО

Технологии термической утилизации ТКО можно разделить на следующие виды: слоевое сжигание и сжигание в кипящем слое (категория сжигания), а также газификация и пиролиз.

Сжигание ТКО на колосниковой решетке. Существует множество разновидностей топок с колосниковыми решетками, различающимися по типу их движения (качающиеся, вращающиеся, возвратно-поступательные и т.д.), по типу охлаждения (без охлаждения, с охлаждением водой или воздухом). Наиболее распространенной в мире технологией по слоевому сжиганию ТКО является технология сжигания на наклонно переталкивающей колосниковой решетке.

Колосниковая решетка состоит из подвижных кулачков, предназначенных для перемещения ТКО в слое. Отходы поступают в котел через питатель, расположенный в верхней части колосниковой решетки, и перемещаются по решетке в сторону системы отвода шлака в нижней части колосниковой решетки. Первичный воздух подается под колосниковую решетку, охлаждает кулачки и поступает на сжигание, вторичный воздух подается в зону топки, расположенную над слоем ТКО. Таким образом, перемешивание ТКО в совокупности с хорошим доступом воздуха обеспечивает достаточную степень выгорания топливной части ТКО. Схема работы и внешний вид наклонно переталкивающей колосниковой решетки приведены на рис.2.



Рис. 2. Внешний вид (слева), схема работы наклонно-переталкивающей колосниковой решетки.

Сжигание ТКО в кипящем слое. Существует три разновидности технологии сжигания в кипящем слое: стационарный кипящий слой, циркулирующий кипящий слой и вихревой кипящий слой. Последняя вызывает наибольший интерес, потому как в конструкции котлов с вихревым кипящим слоем (ВКС) устранены недостатки технологии стационарного кипящего и циркулирующего кипящего слоев, связанные с высоким расходом материала слоя, уходящего в систему газоочистки [3].

Различают установки, работающие по принципу одновихревого и двухвихревого кипящего слоя. При сжигании топлива в двухвихревом кипящем слое в нижней части топочного устройства, в которой происходит основное горение отходов, за счет соответствующей подачи воздуха, формы решетки и конструкции топки формируются парные вихревые зоны - так называемый ВКС. ВКС состоит как бы из двух зон песка с сечением эллиптической формы, расположенных зеркально и движущихся навстречу друг другу (внешний вид топочного устройства приведен на рис.3).



Рис.3. Внешний вид топочного устройства с вихревым кипящим слоем.

Газификация ТКО с плавлением зольного остатка. Технологически процесс газификации можно классифицировать как промежуточный между пиролизом и сжиганием, так как он предполагает частичное окисление топлива. Окисление происходит при избытке воздуха, не достаточном для прохождения реакции окисления топлива: синтез-газ, получаемый в процессе газификации не полностью окислен, а кокс, присутствующий в слое сгорает полностью.

Температура, при которой происходит газификация, составляет как правило 450-600 С. Для технологического процесса газификации требуется предварительная обработка ТКО, включающая в себя сортировку и измельчение.

Данная технология получила распространение в Японии, ее поставщиками являются Mitsubishi HI- MSW Gasification & Ash Melting System (см. рис.4) и JFE Engineering, а основными достоинствами является:

- сокращение образования диоксинов в ДГ;
- обезвреживание диоксинов в зольном остатке;
- возврат золы в реактор для её плавления и отвода в виде остеклованного шлака.

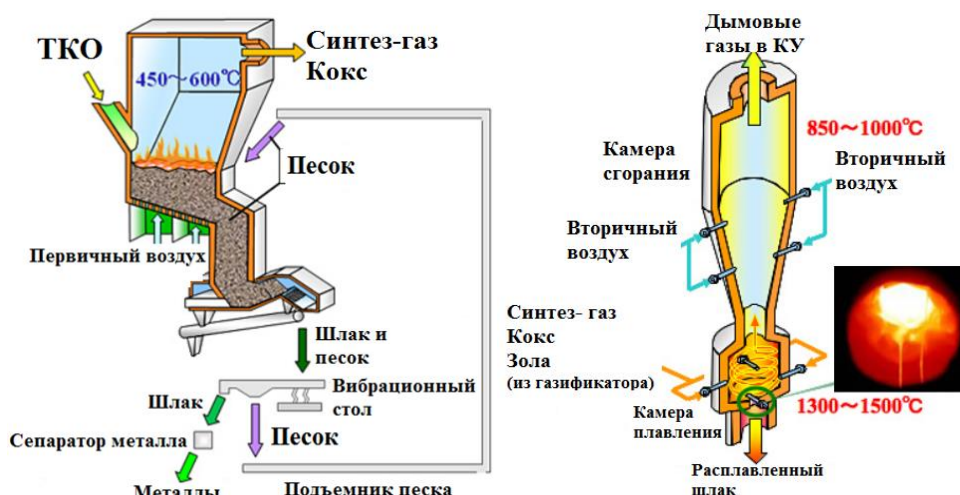


Рис.4. Схема ТЭС на ТКО с технологией газификации MSW Gasification & Ash Melting System

Согласно результатам исследования рынка переработки ТКО, проведенного Министерством Экологии Японии (опубликовано 6 марта 2014 года), за 10 лет с 2003 по 2013 год суммарная ежедневная производительность ТЭС на ТКО с технологией газификации, газификации и плавления выросла на 10000 тонн, тогда как производительность ТЭС на ТКО с технологией сжигания (сжигание на колосниковой решетке) снизилась на 21000 тонн [4].

Пиролиз ТКО. В результате пиролиза происходит образование синтез-газа и твердых углеродных остатков. Процесс пиролиза требует постоянного внешнего подвода тепла и, следовательно, потребления углеводородных топлив. Полученный в процессе пиролиза синтез-газ сжигается в топках котлов с последующим производством пара и электроэнергии.



Рис.5. Реактор пиролиза на заводе термической переработки ТКО Toyohashi, Япония.

Технология пиролиза получила распространение в Японии, где компанией Mitsui Engineering & Shipbuilding построено 8 заводов по термической переработке ТКО на основе установок мощностью $42 \div 135$ тыс. т. ТКО/год [5]. В результате того, что сжигание ТКО происходит при недостатке кислорода, образуется меньшее количество окислов азота (NO_x).

Сравнение технологий термической утилизации ТКО. Для проведения сравнительного анализа выбраны технологии сжигания ТКО, имеющие широкое промышленное применение в Российской и зарубежной промышленности. Анализ проведен по предложенным автором критериям. Сравнение технологий термической переработки ТКО приведено в таблице 1.

Технология сжигания на колосниковой решётке является, в соответствии с [2], наилучшей доступной технологией. В целом, технологии слоевого сжигания и сжигания в кипящем слое сопоставимы, но преимуществом технологии сжигания на колосниковой решётке становятся меньшая стоимость оборудования и меньший объем образования летучей золы III класса опасности.

Эксплуатация котла с ВКС на МСЗ №4 характеризуется шлакованием стен топki при температурах выше 700°C , а при температуре менее 500°C происходит неполное сгорание отдельных компонентов ТКО, что в конечном итоге вызывает завал пода топki непрогоревшими отходами. В отличие от колосникового сжигания при сжигании в вихревом кипящем слое уносится в $1.5 \div 2.5$ раза больше золы [6]. Таким образом, опыт эксплуатации МСЗ №4 показал, что для несортированных отечественных твердых коммунальных отходов наиболее предпочтительным способом их термической переработки является сжигание в слоевых топках с переталкивающей колосниковой решеткой, в то время как технологию сжигания в вихревом кипящем слое целесообразно использовать для сжигания подготовленных ТКО (например, после их сортировки и дробления или RDF).

Недостатком технологии сжигания на колосниковой решётке в установках, работающих на несортированных или частично отсортированных ТКО, при всех ее достоинствах является низкая экологичность. Суточные и сезонные колебания состава

несортированных ТКО приводят к непрерывному изменению параметров горения в котле ТЭС на ТКО, что, в свою очередь, становится причиной значительных колебаний концентраций токсичных компонентов в ДГ и, как следствие, недостаточно стабильной работы системы газоочистки в целом [7].

Таблица 1

Сравнение технологий термической утилизации ТКО

Показатель	Сжигание на колосниковой решетке	Сжигание в кипящем слое	Газификация	Пиролиз
Содержание вредных в ДГ направляемых на газоочистку	Высокое	Среднее	Низкое	Низкое
Производительность линии по переработке ТКО	до 1000 тыс. т./год	до 500 тыс. т./год	до 216 тыс. т./год	до 135 тыс. т./год
Наименьший выход отходов III класса опасности	~5%	~8%	~3%	~3%
Сокращение объема отходов	75-85%	73-83%	85-92%	70-80%
Требования к предварительной подготовке ТКО	Не требуется	Требуется подготовка	Требуется RDF	Требуется RDF
Возможность локализации производства основного оборудования в РФ	Возможно, кроме топки, являющейся патентованной технологией	Возможно, кроме топки, являющейся патентованной технологией	Вопрос требует проработки и переговоров с производителями	
Освоенность технологии	Более 1000шт		Менее 200шт	Менее 25шт
Относительный уровень капитальных затрат	Низкие	Средние	Высокие	Высокие

Технология пиролиза хорошо освоена, но применяется крайне редко по экономическим соображениям: из-за значительного содержания горючих в твердых остатках при пиролизе коэффициент использования тепла топлива примерно в 1,6 раза ниже, чем при обычном слоевом сжигании [8].

Технология газификации с плавлением зольного остатка имеет ряд преимуществ, связанных с низким выходом отходов 3 класса опасности (золотые остатки сжигания после процесса плавления отводятся в виде невыщелачиваемого стекловидного шлака, при сжигании RDF вклад тяжелых металлов в состав золы и ДГ значительно снижается). В то же время, технология газификации является дорогостоящей, и на сегодняшний день в России нет действующих промышленных установок.

Оценка капитальных затрат на данном этапе произведена относительным сравнением, получение удельных показателей капитальных затрат является задачей следующих этапов исследования.

Заключение. Как следует из выводов к главе 3, однозначно определить наилучшую технологию термической утилизации ТКО не представляется возможным, каждый вариант имеет свои достоинства и недостатки.

Для дальнейшего исследования планируется рассмотреть следующие критерии, влияющие на показатели работы ТЭС на ТКО (ценность каждого критерия зависит от фактором размещения ТЭС на ТКО в каждом конкретном случае):

- Морфологический состав ТКО и динамика его изменения;
- Извлечение вторичного сырья на ТЭС;
- Тепловая эффективность;
- Эмиссия вредных веществ в дымовых газах;
- Эмиссия вредных веществ в золошлаках;
- Уровень капитальных затрат;
- Уровень операционных затрат.

Таким образом, для проведения объективной оценки технология термической утилизации ТКО должна выбираться как часть общей структуры ТЭС на ТКО и определяться для конкретных условий размещения. Приоритетами выбора структуры энергетического комплекса становятся, в первую очередь, экологичность утилизации отходов (так как низкие показатели экологичности являются нормативно и социально неприемлемыми), а во-вторых – экономичность (так как срок окупаемости проекта является значимым фактором для потенциальных инвесторов).

Список литературы:

1. Распоряжение Правительства Российской Федерации №84-р, от 25 января 2018г. Об утверждении Стратегии развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года.
2. ИТС9 – 2015. Информационно – технический справочник по наилучшим доступным технологиям. Обезвреживание отходов термическим способом (сжигание отходов) - Москва: Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии, 2015. - 258 с.
3. Тугов А.Н. Исследование процессов и технологий энергетической утилизации бытовых отходов для разработки отечественной ТЭС на ТБО: дис. ... докт. техн. наук: 05.14.14: защищена 1.11.12: инв. 05201252497 — М., 2012. — 349 с. Mitsubishi
4. MSW Gasification & Ash Melting System: [Электронный ресурс] // Mitsubishi Heavy Industries, Japan. URL: www.mhiec.co.jp/en/products/recycle/city/meltingssystem/
5. Уласевич С.В. Заключение о технологическом и ценовом аудите инвестиционного проекта «Разработка и реализация пилотного проекта по строительству генерирующих объектов по термической переработке твердых коммунальных отходов на территории Московской области и в городе Казани» - Москва: ЗАО "СВЕКО Союз Инжиниринг", 2017. - 138 с.
6. Опыт ВТИ по сжиганию твердых бытовых отходов в слоевых топках / Тугов А.Н., Тумановский А.Г., Москвичев В.Ф. // VIII Всероссийской конференции «Горение твердого топлива»: Институт теплофизики СО РАН, 2012. - 824 с.
7. Дыган М.М. Экологическая безопасность мусоросжигательных заводов при переменной мощности по сжиганию твердых бытовых отходов: дис. ... канд. техн. наук: 03.02.08: защищена 29.02.12: инв. 61 12-5/1445 - М., 2012. - 148 с.
8. Review of state of art waste to energy technologies. Stage two Case studies/ M. Fanning, M.Venn, K.Whiting// S. Wood.-2013.- p.195.

COMPARATIVE ANALYSIS OF MSW THERMAL UTILIZATION TECHNOLOGIES FOR ENVIRONMENT FRIENDLY WTE PLANT

A.N. Efremov, A.A. Dudolin

¹*National Research University "Moscow Power Engineering Institute",
Moscow, 111250, Russia, e-mail: anefremow@mail.ru*

Abstract

Today there are only a few Waste to Energy plants (WtE) in Russia, i.e. industrial application of technology is quite limited. Lack of experience in engineering and design areas is a significant complication to the choice of equipment type and set for individual conditions as per WtE plant location.

The author delivers a methodology for comparing and selecting preferred structure of a WtE plant for specific locations and various MSW content, identifies analysis objectives and requirements, suggests options list and criteria for comparing WtE plant structures.

Thermal utilization can be classified into three categories (combustion, gasification and pyrolysis), the difference between them lies in the amount of excessive air present in

combustion chamber. These categories offer following types of MSW thermal utilization technologies: layer combustion and fluidized bed combustion (combustion category), gasification and pyrolysis.

The major drawback of combustion technology on the moving grate for unsorted or partially sorted MSW is its environmental hostility. Daily and seasonal fluctuations in the content of unsorted MSW cause continuous changes of combustion parameters in the furnace, which in turn evoke significant fluctuations in concentrations of toxic components in fume gases. As a result, gas cleaning system operation is not stable throughout operational time.

Pyrolysis technology is well developed, but rarely used due to economic reasons: serious problem of pyrolysis is high share of combustibles in solid residues, making fuel heat utilization about 1.6 times lower than with moving grate combustion.

Gasification technology with ash melting system has a number of advantages associated with low yield of Hazard Class 3 wastes, hazardous elements concentration in fume gases is also lower. At the same time, due to high cost of gasification technology, there are no such industrial installations in Russia at the moment.

Thus, technologies assessment of MSW thermal utilization cannot be separated from overall structure of WtE plant and specific placement conditions. The top priorities for selecting WtE plant structure are environmental friendliness of wastes disposal (low environmental performance indicators are unacceptable from regulatory and social point of view), and efficiency (project payback period is a significant decision-making factor for potential investors).

НОВЫЕ ДАННЫЕ О ФАУНЕ МАЛОЩЕТИНКОВЫХ ЧЕРВЕЙ (OLIGOSCHAETA) НИЖНЕГО ТЕЧЕНИЯ Р. ДОН

Л.А. Живоглядова¹, Ю.А. Зуев²

¹Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО», г. Ростов-на-Дону, 344002, РФ,
e-mail: l.zhivoglyadova@mail.ru

²Санкт-Петербургский филиал ФГБНУ «ВНИРО», г. Санкт-Петербург, 199053, РФ,
e-mail: yuzujev@ya.ru

Инвентаризация фауны считается одной из важнейших задач экологии [1]. Малощетинковые черви широко распространены в пресноводных экосистемах и являются признанными биоиндикаторами качества воды [2]. В нижнем течении р. Дон на долю олигохет приходится более половины общего количества зарегистрированных беспозвоночных [3]. Вместе с тем, видовой состав олигохет практически не изучен. В одной из первых сводок по фауне Нижнего Дона указывается 3 вида олигохет [4]. В работе Ф.Д. Мордухай-Болтовского [5], обобщающей многолетние исследования дельты Дона, отмечается присутствие 5 видов сем. Tubificidae. Эту же группу с указанием ключевого вида *Limnodrilus hoffmeisteri* Claparède, 1982 отмечает Г.Г. Матишов с соавторами [6]. Иные сведения о видовом составе малощетинковых червей нижнего течения р. Дон в доступной литературе отсутствуют.

Гидробиологические работы проводили в нижнем течении реки Дон на двух участках – в июне и июле 2018 г. пробы отбирали в основном русле и рукавах Дона на участке вблизи о. Арпачинский (от устья р. Маныч до хутора Арпачин), в мае и сентябре – в дельте Дона в районе хутора Шмат. В качестве орудий сбора материала на глубинах более 1 м использовали дночерпатель Петерсена с площадью захвата 0,025 м², на мелководье – скребок (длина лезвия 0,17 м, газ № 21). Пробы отбирали в двух повторностях, всего обработано 25 проб зообентоса. Глубина отбора проб составила 0,1–3,5 м.

Список зарегистрированных семейств и видов олигохет, составленный на основании исследований, проведенных в районе о. Арпачинский и в дельте Дона, представлен в таблице 1. В пределах обследованной части русла реки зарегистрировано 13 видов и форм, принадлежащих 3 семействам: на участке от устья р. Маныч до хутора Арпачин – 10 таксонов, в дельте – 9.

Основной фон видового разнообразия на обоих участках реки формируют представители семейства Tubificidae.

Частота встречаемости олигохет на исследованных участках русла составляет 75-100%. К категории массовых видов (частота встречаемости более 80%) относится *L. claparedianus*, обычными в районе от устья р. Маныч до хутора Арпачин являются *B. sowerbyi* и *P. moravicus*.

В зависимости от типа биотопа численность червей варьирует от 8 до 14900 экз./м², биомасса от 0,02 до 98,7 г/м². Минимальные показатели наблюдаются на бедных органикой песчаных грунтах, с увеличением илистых фракций и детрита количественные показатели увеличиваются на несколько порядков.

Высокой численностью и биомассой олигохет характеризуются биоценозы дрейссены. Последние сформированы по типу консорций, дружки моллюсков *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771) и *D. bugensis* (Andrusov, 1897) обеспечивая укрытие создают условия обитания других беспозвоночных, кроме того, осаждаемая моллюсками взвесь поступает в донные отложения в форме агглютинатов и фекалий, которые служат пищей детритофагам [7]. В мае в дельте Дона в дружках дрейссены

численность олигохет составляла 1100 экз./м², биомасса – 27,6 г/м², при общей численности и биомассе зообентоса 1220 г/м² и 181,7 г/м².

Таблица 1

Видовой состав и распределение олигохет в нижнем течении р. Дон

Семейство, вид	Река Дон	
	от устья р. Маныч до хутора Арпачин	дельта
Lumbriculidae		
Lumbriculidae gen. sp.	+	+
Naididae: Branchiurinae		
<i>Branchiura sowerbyi</i> Beddard, 1892	+	–
Naididae: Tubificinae		
<i>Limnodrilus claparedianus</i> Ratzel, 1868	+	+
<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i> Claparède, 1862	–	+
<i>Limnodrilus udekemianus</i> Claparède, 1862	–	+
<i>Potamothrix moldaviensis</i> Vejdovský et Mrázek, 1902	+	+
<i>Psammoryctides barbatus</i> (Grube, 1861)	+	+
<i>Psammoryctides moravicus</i> (Hrabě, 1934)	+	+
Tubificidae gen. sp., juv.	+	+
Naididae: Naidinae		
<i>Nais</i> sp.	+	–
<i>Nais pardalis</i> Piquet, 1906	–	+
<i>Specaria josinae</i> (Vejdovský, 1884)	+	–
<i>Stylaria lacustris</i> (Linnaeus, 1767)	+	–

В среднем по районам работ для участка от устья р. Маныч до хутора Арпачин численность олигохет составила 1327 экз./м², биомасса – 0,8 г/м². В дельте Дона эти показатели значительно выше – 3238 экз./м² и 22,8 г/м².

По отношению численности олигохет к численности всего зообентоса (%) определяют качество воды [2, 8, 9]. Метод основан на способности малощетинковых червей не только переносить загрязнение, но активно развиваться на грунтах, обогащенных легкой органикой [2]. Для участка от устья р. Маныч до хутора Арпачин этот показатель составил 37 %, что указывает на присутствие незначительного органического загрязнения. В дельте Дона олигохетный индекс значительно выше и достигает 88–92 %.

Полученные материалы по таксономическому составу количественным характеристикам рассматриваемой группы в дальнейшем могут использоваться в качестве фоновых при организации мониторинговых работ для регистрации происходящих в экосистеме изменений, что особенно актуально в свете предполагаемого строительства на Нижнем Дону четвертого по счету гидроузла. Согласно планам строительства Багаевский гидроузел будет располагаться вблизи о. Арпачинский.

Мы полагаем, что проведение специального фаунистического обследования бентоса р. Дон за границами исследованных локальных участков могло бы существенно расширить видовые списки малощетинковых червей этой акватории и является важнейшей задачей на перспективу.

Список литературы:

1. Бигон М. Экология. Особи, популяции и сообщества / М. Бигон, Дж. Харпер, К. Таунсенд. – М.: Мир, 1989. – Т. 1. – 667 с.

2. Семенченко В. П. Принципы и системы биоиндикации текущих вод. / В. П. Семенченко. – Минск: Орех, 2004. – 125 с.
3. Живоглядова Л.А. Характеристика кормовой базы рыб-бентофагов Нижнего Дона / Л.А. Живоглядова, Л.Н. Фроленко // Известия ТИПРО. – 2017. – Т. 189. – С. 1 – 8.
4. Никитинский Я.Я. Биологическое обследование р. Дона в районе г. Ростов-на-Дону / Я.Я. Никитинский. – Ростов-на-Дону, 1912. – 101 с.
5. Мордухай-Болтовской Ф.Д. Состав и распределение донной фауны в водоемах дельты Дона / Ф.Д. Мордухай-Болтовской // Тр. АзЧерНИРО. – 1940. – Т. 12. – № 2. – С. 3 – 96.
6. Матишов Г.Г. Особенности водной экосистемы Нижнего Дона в позднесенний период / Г.Г. Матишов, О.В. Степаньян, В.М. Харьковский и др. // Водные ресурсы. – 2016. – Т. 43. – № 6. – С. 620 – 632.
7. Дрейссена *Dreissena polymorpha* (Pall.) (Bivalvia, Dreissenidae): Систематика, экология, практическое значение. – М.: Наука, 1994. – 239 с.
8. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем / Под ред. В.А. Абакумова. – СПб.: Гидрометеиздат, 1992. – 319 с.
9. Шитиков В.К. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации / В.К. Шитиков, Г.С. Розенберг, Т.Д. Зинченко. – Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. – 463 с.

NEW DATA ON THE FAUNA OF OLIGOCHAETES OF THE LOWER DON

L.A. Zhivoglyadova¹, Yu.A. Zuev²

¹Azovo-Chernomorsky Branch of "VNIRO", Rostov-on-Don, 344002, Russian Federation,
e-mail: l.zhivoglyadova@mail.ru

²St. Petersburg Branch of "VNIRO", St. Petersburg, 199053, Russian Federation,
e-mail: yzuyev@ya.ru

Abstract

Based on the results of hydrobiological studies conducted in May-September 2018, data on the species composition and the abundance of one of the dominant zoobenthos groups are presented. The taxonomic composition and quantitative indicators of the oligochaetes are given for the Don Delta and the area of the proposed construction site of the Bagaevsky hydroelectric complex (near the island of Arpachinsky). Within the surveyed areas of the channel, 13 species and forms of oligochaetes were found. The main background of species diversity is formed by representatives of the family Tubificidae (8 taxa). The frequency of oligochaete occurrence is 75–100%. *Limnodrilus claparedianus* belongs to the category of common species. The index of oligochaete abundance amounted to 37% near Arpachinsky island, for the Don Delta it was 88–92%, which indicates a significant organic pollution of the delta.

УДК 504.5.:629.78:614.1

ВОЗДЕЙСТВИЕ НЕШТАТНЫХ ПАДЕНИЙ РАКЕТ-НОСИТЕЛЕЙ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Ж. Жубатов, Е.Ю. Степанова, Б.М. Миркаримова

*РГП «НИЦ «Гарыш-Экология», г.Алматы, 050046, Республика Казахстан,
e-mail: info@gh-ecology.kz*

Авария – это нештатная ситуация при предпусковых и пусковых работах с превышением допустимых воздействий на экосистему. При авариях ракет космического назначения (РКН) наибольшую опасность для окружающей среды и здоровья людей представляет химическое загрязнение при проливе биотоксичного ракетного топлива – гептила (несимметричный диметилгидразин, НДМГ) и его окислителя тетраоксида азота (АТ) – первый и второй класс токсичной опасности, соответственно. Существуют и другие угрозы падения частей ракеты носителя (РН), такие как механическое загрязнение обломками РН и тепловое воздействие из-за взрыва и возгорания топлива. Особый вид воздействия связан с психоэмоциональным фактором - причины социально-психологической напряженности в населенных пунктах, прилегающих к месту аварийного падения РКН [1].

При обслуживании аварий РКН, произошедших на территории Республики Казахстан в период 1996-2013 гг. выявлены недостатки в существующих методиках выполнения оперативной оценки аварийных последствий. Этот факт заставил обратиться к анализу результатов экологических обследований мест аварийного падения РКН и прилегающих к ним территорий, в плане информационного обеспечения для разработки единого методологического подхода к экологической, гигиенической и медицинской оценке аварийной ситуации. Данное направление научно-прикладных исследований является приоритетным в области обеспечения экологической безопасности при осуществлении ракетно-космической деятельности в РК [1-3].

С учетом существующей статистики аварий РКН, внештатные ситуации происходят в Центральном Казахстане, на площадках космодрома «Байконур» (вскоре после старта РКН), на подтрассовых территориях, прилегающих к космодрому (на первых минутах полета РКН), и рядом с районами падения первых ступеней РКН, на момент внештатного отделения отделяющихся частей ракет-носителей (Н.С. Касимов и др. 2015, Ж. Жубатов и др., 2011-2017) [1, 4].

Приведенные в статье материалы являются результатом выборки из базы данных НИЦ «Гарыш-Экология», созданной по результатам исследований в рамках казахстанско-российских программ экологического и санитарно-эпидемиологического мониторинга аварийных территорий в Кызылординской области (аварии ракеты РС-20 «Днепр» 27 июля 2006 г. и РН «Протон-М» 2 июля 2013 г. на космодроме «Байконур»), а также в Карагандинской области (РН «Протон-М» 6 сентября 2007 г.) [1-6].

Аварийное падение межконтинентальной баллистической ракеты (МБР) РС-20 «Днепр» произошло 26.07.2006 г., на 73 секунде полета ракеты РС-20 с группой космических аппаратов. Конструкция РКН разрушилась в воздухе на высоте около 24 км, без разгерметизации топливных баков. Фрагменты головного обтекателя приземлились в 45 км от места старта, в Кармакшинском районе Кызылординской области. Произошел отрыв от ракеты космической головной части и ее приземление в 90 км от места старта с образованием воронки на месте удара о землю части головного обтекателя и космических аппаратов. Вследствие пролива компонентов ракетного топлива из баков одного из космических аппаратов зафиксировано загрязнение поверхностного слоя почвы нитрозодиметиламином (НДМА, продукт химической трансформации НДМГ). Связка из первой и второй ступени, двигаясь по инерции по

баллистической траектории, упала в 150 км от места старта, с самовоспламенением и взрывом КРТ в баках. От взрыва образовалась воронка [1, 4, 7].

Помимо деформации почвенной структуры и образования воронок, аварийный взрыв привел к нарушению растительного покрова. От взрывной волны пострадали саксауловые леса. Растения уничтожены полностью на удалении до 100 м от эпицентра аварийного взрыва, а на расстоянии до 1 км от эпицентра отмечались признаки теплового или химического воздействия на растительный покров [4, 7].

Авария РН «Протон-М» 05.09.2007 г. повлекла за собой серьезные экологические последствия. Пуск РКН с космодрома Байконур, отделение и приземление первой ступени в заданном районе произошло в штатном режиме. На 140,837-й секунде полёта три крупных фрагмента (связка из второй и третьей ступеней; верхняя часть разгонного блока и часть переходного отсека космического аппарата; разгонный блок и часть космического аппарата) разрушились в воздухе и упали на расстоянии до 20 км друг от друга, на территорию Улытауского района Карагандинской области. Приземление второй ступени сопровождалось взрывом и образованием воронки и облака [1, 4, 8].

Ступени РН взорвались при ударе о землю, и в результате практически весь НДМГ прореагировал с окислителем. Тем не менее, из-за пролива остатков компонентов ракетного топлива в полостях фрагментов ступени, в отдельных точках на месте падения второй ступени в почве были обнаружены загрязнения НДМГ, тетраметилтетразеном (ТМТ, продукт химической трансформации НДМГ), нитрат- и нитрит-ионами [4, 8].

На месте падения второго фрагмента разгонного блока и космического аппарата с проливом НДМГ из топливного бака, загрязнение почвы НДМГ, НДМА, нитрат- и нитрит-ионами распространилось на площадь около 3 600 м². На местах падения фрагментов РН обнаружено возгорание растительности - площадью до 4 560 м² на месте падения верхней части разгонного блока, до 4 000 м² на месте падения фрагмента космического аппарата, а также пять очагов возгорания площадью от 20 до 1 500 м² на месте падения разгонного блока. Общая площадь территории возгорания растительности составила 10 735 м² [4, 8].

Авария РН «Протон-М» 02.07.2013 г. При пуске с космодрома Байконур РН «Протон-М» с разгонным блоком ДМ-03 и тремя навигационными спутниками «Глонасс-М», на второй половине 10-й секунды полета произошло отклонение ракеты от траектории – она полетела в юго-восточном направлении в сторону от стартовой площадки. На 18-й секунде полета ракета стала разваливаться на части и загорелась, на 24-й секунде от ракеты оторвалась головная часть, на 26-й секунде – один из боковых блоков первой ступени, на 28-й секунде – еще один блок (возможно боковой). На 30-й секунде произошло столкновение с землей, последовал взрыв и образование облака, в котором помимо взвешенных частиц могли содержаться компоненты ракетного топлива и продукты их химической трансформации. Через минуту после взрыва облако достигло максимальной высоты (около 500 м) и перемещалось к югу с постепенным рассеиванием в течение нескольких часов, на расстоянии до 100 км от места падения [4, 9].

На месте аварийного падения РН «Протон-М» (в 1 км от периметра стартового комплекса в юго-восточном направлении) образовалась воронка, вокруг которой произошло возгорание растительного покрова на площади 4,9 га. На следующий день после аварии (03.07.2013 г.) на месте падения в приземном слое атмосферного воздуха с наветренной стороны воронки обнаружено загрязнение НДМГ, в почве в центре воронки – НДМГ и НДМА, в почве на месте аварийного падения – нитрат- и нитрит-ионов [9].

Анализ данных о последствиях аварийных падений РКН для окружающей среды позволил выявить специфику негативных последствий аварий РКН с использовани-

ем биотоксичной топливной пары «несимметричный диметилгидразин – тетраоксид азота». Сделаны следующие выводы:

1. Негативное воздействие на окружающую среду при аварийных падениях РКН на атмосферу являются выброс продуктов сгорания при взрыве и остатков компонентов ракетного топлива (КРТ); на почву – химическое загрязнение КРТ и продуктами их трансформации, механические нарушения в результате падения тяжелых фрагментов, наземного взрыва КРТ, работы тяжелой техники в период эвакуации фрагментов, засорение территории обломками; на растительный покров - загрязнение КРТ и продуктами их трансформации, механическое уничтожение или повреждение в результате аварийного падения и работ по эвакуации, термическое воздействие и уничтожение в результате пожара; на поверхностные и грунтовые воды - загрязнение КРТ и продуктами их трансформации.

2. Химическое загрязнение КРТ в атмосфере происходит при разрушении аварийного изделия со взрывом. Загрязнение КРТ почвы, поверхностных вод и растений возможно при наземных проливах топлива. Худший из возможных сценариев химического загрязнения предполагает значительный наземный пролив содержимого топливных баков без их разгерметизации в момент аварии или при движении фрагментов конструкции в плотных слоях атмосферы. В случае выброса КРТ и продуктов их сгорания в атмосферу на высотах более 30 км, вероятность их выпадения на поверхность Земли невелика.

3. Разрушение аварийного изделия в результате удара о землю без взрыва сопровождается проливом КРТ и химическим загрязнением почвы и приземной атмосферы, с возможным возгоранием. При взрыве в момент удара или при падении массивных конструкций происходит повреждение почвенно-растительного покрова. Наиболее неблагоприятна ситуация при падении аварийного изделия, содержащего КРТ в водные объекты, так как она сопровождается химическим загрязнением вод и захлаплением фрагментами конструкции водной поверхности и прибрежной территории.

4. Взрыв аварийного изделия на трассе полета сопровождается значительным по площади разлетом фрагментов, а значит, высоким риском их приземления в населенных пунктах и на опасные производственные объекты.

Основной вывод по результатам проведенного анализа последствий для окружающей среды от аварийных падений РКН сводится к необходимости пересмотра существующих методологических подходов к проведению поставарийных действий. Следует разделить и детализировать их по этапам - непосредственно после падения РКН (в первые несколько суток важно обнаружить очаги химического загрязнения, места с механической и пирогенной трансформацией объектов окружающей природной среды и в прилегающих населенных пунктах, выявить влияние аварии на изменение состояния окружающей среды, среды обитания и здоровье населения), а также после аварии (в течение нескольких месяцев уточняются масштабы последствий аварийного падения, объемы загрязнения, проводится детоксикация, ведется контроль за состоянием здоровья населения). Через отрезок времени, необходимый для деструкции КРТ (в соответствии с технологическим регламентом применяемого метода детоксикации) проверяется эффективность детоксикационных работ, с отбором проб почвы на загрязненном КРТ участке. В случае выявления загрязнения почвы КРТ выше установленных ПДК необходимо провести повторную детоксикацию и контроль ее результатов. Работы выполняются до снижения содержания КРТ в загрязненной почве до уровня ПДК.

Суть научно-прикладных исследований, выполняемых РГП «НИЦ «Гарыш-Экология» в рамках республиканской бюджетной программы «Прикладные научные исследования в области космической деятельности», заключается в формировании современной нормативно-методической базы для проведения своевременных и объ-

активных оценок воздействия аварийных падений РКН на окружающую среду и здоровье населения, что позволит качественно провести работы по реабилитации нарушенных территорий и снять социальную напряженность, возникающую в прилегающих к территориям аварийного падения РКН регионах.

Список литературы:

1. Экологическая безопасность деятельности космодрома «Байконур» / под ред. д.т.н., академика МАНЭБ Ж. Жубатова. – Алматы, 2011. – 430 с.
2. Жубатов Ж. Экологическая безопасность – один из приоритетов развития космической деятельности в Республике Казахстан // Космические исследования и технологии. – Алматы, 2011. - № 1. – С. 50-55.
3. Жубатов Ж., Степанова Е. Методические подходы к комплексной экологической оценке воздействия ракетно-космической деятельности // Материалы международной научно-практической конференции «Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность». – Севастополь, 2017. – С. 459-463.
4. Экологическая безопасность ракетно-космической деятельности / под ред. акад. Н.С. Касимова. – М: Спутник+, 2015. – 280 с.
5. Жубатов Ж.К. и др. Геохимические исследования района аварийного падения РКН РС-20 // Доклады НАН РК. – Алматы, 2013. - № 5. – С.75-81.
6. Разработка схемы экологического обследования мест аварийного падения ракеты космического назначения / О.А. Агапов, Н.А. Большакова, Е.Ю. Степанова, К.Ж. Жубат, А.Б. Атыгаев // Новости науки Казахстана. - Алматы, 2019. – №1 (139). - С. 223-233.
7. Отчет о результатах работ по реализации Программы экологического мониторинга территорий, подвергшихся техногенному воздействию в результате аварийного падения ракеты космического назначения РС-20 27 июля 2006 г. в Кызылординской области: научно-техн. отчет (заключит.) / ДГП «Инфракос-Экос»; науч. рук. Ж. Жубатов; отв. исп. А.Д. Товасаров. – Алматы, 2010. – 87 с.
8. Отчет о результатах работ по реализации Программы экологического и социально-гигиенического мониторинга территорий Карагандинской области Республики Казахстан, подвергшихся воздействию неблагоприятных факторов, связанных с аварийным пуском ракеты-носителя «Протон-М» с космодрома «Байконур» 06 сентября 2007 г. (на 2008-2010 гг.): научно-техн. отчет (заключит.) / ДГП «Инфракос-Экос»; науч. рук. Ж. Жубатов; отв. исп. А.Д. Товасаров. – Алматы, 2010. – 493 с.
9. Оценка результатов проведения мероприятий по ликвидации последствий аварии РН «Протон-М» Плана мероприятий по реализации Программы «Ликвидация последствий воздействия неблагоприятных факторов, связанных с аварийным пуском ракеты космического назначения «Протон-М» с космодрома «Байконур» 2 июля 2013 г. на окружающую среду и здоровье населения»: научно-техн. отчет (заключит.) / РГП «НИЦ «Ғарыш-Экология»: научн. рук. Ж. Жубатов. – Алматы, 2016. – 184 с.

**IMPACT OF EMERGENCY FALLING OF SPACE LAUNCH VEHICLES
ON THE ENVIRONMENT**

Zh. Zhubatov, E. Stepanova, B. Mirkarimova

*RSE "SIC "Gharysh Ecology", Almaty, 050046, Republic of Kazakhstan
e-mail: infracos-kaz@mail.ru*

Abstract

The analysis of results of long-term researches within the Kazakhstan-Russian programs for environmental and sanitary and epidemiological monitoring of emergency territories in the Kyzylorda region (accident of the Dnepr RS-20 rocket on July 27, 2006 and launch vehicles (LV) "Proton-M" on July 2, 2013 at the Baikonur spaceport) and also in

the Karaganda region (LV "Proton-M" on September 6, 2007) allowed to reveal specifics of negative consequences of accidents of space launch vehicles (SLV) with use of biotoxic fuel components " unsymmetric dimethylhydrazine – tetranitrogen oxide", including chemical pollution by rocket fuel components, mechanical pollution by LV fragments and the fires because of fuel explosion and ignition. The conclusion was reached that existing approaches to post-emergency actions need of revision, in respect of methodological base strengthening for operational ecological assessment and control of the environment and the habitat of the population in the territories subject to impact of space-rocket activity.

ДИСТАНЦИОННЫЙ КОНТРОЛЬ УТЕЧЕК ПРОДУКТИВНЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ ИЗ ПОДВОДНЫХ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

Ю.Ф. Жуйков¹; А.В. Ильинский¹; Е.М. Кутузов¹; В.И. Патрикеев¹;
А.А. Рухман¹; Е.А. Сотниченко¹; Е.А. Шиканов²

¹Институт геофизических и радиационных технологий Международной академии наук высшей школы, Москва, 129345, Россия, e-mail: andry49@yandex.ru

²ООО «Спецавтоинжиниринг», Москва, Россия, e-mail: eshikanov@mail.ru

На трассах транспортировки продуктивных углеводородов уделяется большое внимание вопросам дистанционной диагностики по обнаружению наличия нарушения целостности газонефтепровода, проходящего через водные преграды.

Нарушение целостности газонефтепровода сопровождается микроконцентрационной утечкой углеводородных газов в воду.

Дефект в трубопроводе, приводящий к аварийной ситуации, возникает в результате постепенной его деградации на протяжении длительного времени. В работе [1] рассмотрены вопросы дистанционного контроля состояния нефтегазотрубопровода.

Проведение такого контроля подводного участка трассы представляет значительные трудности. Поэтому ему должен предшествовать оперативный контроль, позволяющий выделять участки трубопровода, в области которых концентрация углеводородов в воде превышает фоновую. В таких местах необходим эпизодический отбор проб воды с последующей дегазацией для определения в ней содержания углеводородных газов (УВГ). Аппаратурный комплекс газоанализатора должен содержать высокоэффективный быстродействующий дегазатор.

Для повышения дегазации воды предлагается использовать метод воздействия на анализируемую среду ультразвуковым акустическим полем. Такой метод уже использовался авторами при обнаружении утечек из трубопроводов в почву над газопроводом. Эта технология была защищена патентом РФ [2], а результаты ее применения доложены на Международной научно-практической конференции ЭПЭБ-2018 [3]. Общая схема газоаналитического контроля с использованием хроматографа и ультразвукового дегазатора представлена на рис.1.

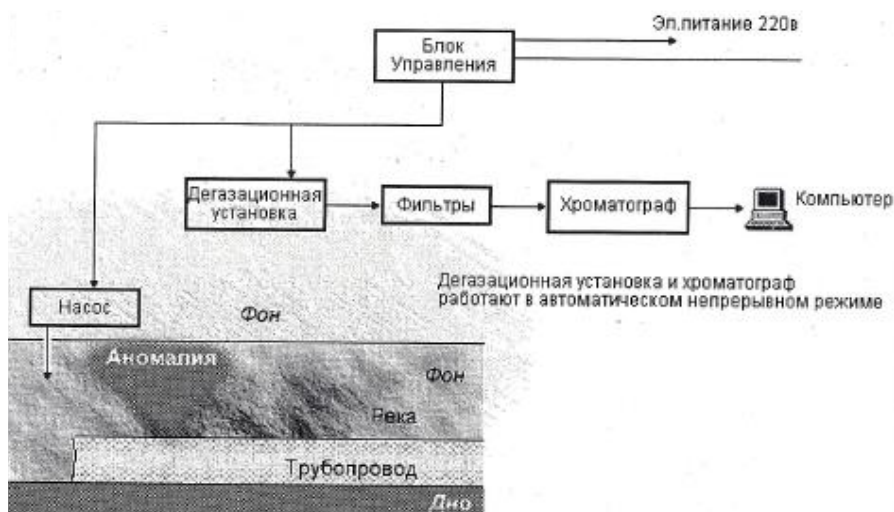


Рис. 1. Общая схема газоаналитического контроля с использованием хроматографа и ультразвукового дегазатора.

Эффективность индикации углеводородов определяется их концентрацией в месте забора воды специальным насосом. При этом для непрерывного углеводородного анализа достаточно одного кубического сантиметра газового объема, извлекаемого из воды с помощью дегазатора. Схематический разрез дегазационной установки представлен на Рис.2.

Подача воды в дегазационную установку с приповерхностного слоя водоема, по дну которого проложен магистральный трубопровод, осуществляется с помощью водозаборного насоса. При этом дегазация осуществляется в рабочем объеме, где обеспечивается прямой контакт дегазирующих элементов с анализируемой жидкостью.

Дегазация происходит одновременно двумя методами в дегазационной установке. Первый представляет собой быстро вращающийся диск с ребрами (позиция 3 на рисунке 2). Второй представляет собой магнитоострикторный акустический излучатель (позиция 6 на рисунке 2).

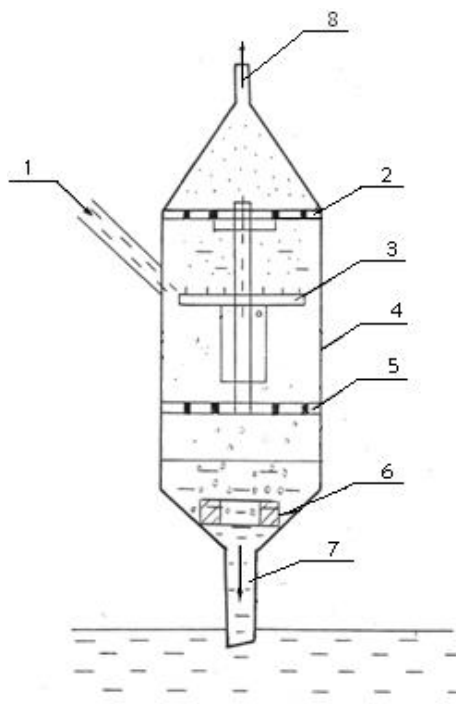


Рис. 2. Схематический разрез дегазационной установки:

- 1- патрубок, соединяющий водозаборный насос с прибором; 2- верхняя решетка фильтра; 3- вращающийся диск с ребрами; 4- корпус; 5- нижняя решетка фильтра; 6- излучатель ультразвука; 7- слив воды; 8- выделяемый газ углеводородов

На Рис.3 представлен общий вид ультразвукового вибратора (излучатель ультразвука) на базе магнитоостриктора.

Излучатель выполнен в виде тороида, собранного из 40 тонких магнитоострикционных кольцевых пластин, склеенных в единое целое с помощью эпоксидной смолы. Материалом колец служит сплав FeCo (пермендюр). Обмотка излучателя содержит 23 витка медной герметично изолированной проволоки.

Эксперименты показали, что частота акустической волны должна выбираться в диапазоне от 5 до 20 кГц, что способствует увеличению дегазации газа из воды.

После дегазации выделенный газ из воды засасывается компрессором в хроматограф. Там он очищается от механических примесей и влаги фильтрами, установленными в хроматографе, и далее через дозирующее устройство поступает в детектор хроматографа. Цифровой сигнал с хроматографа поступает на вход персонального компьютера, где по специальной программе осуществляется обработка с последующей визуализацией на дисплее и сохранением на носителе информации.

Был изготовлен специальный хроматограф, позволяющий в непрерывном режиме определять содержание углеводородных газов в газовом потоке.



Рис. 3. Общий вид ультразвукового излучателя

Для анализа могут применяться и другие полевые хроматографы серийного производства, например, типа ХПМ-2, ХПМ-4.

Станция располагается на катере и оснащена устройством определения координат с корректировкой движения. Определяемые координаты в процессе движения вводятся в компьютер и увязываются с данными по газонасыщенности воды.

Работа выполнена в рамках соглашения № 15-19-00151 о предоставлении Российским научным фондом гранта на проведение фундаментальных и поисковых научных исследований.

Список литературы:

1. Кутузов Е.М., Шевелев А.Д., Жуков П.Д. Устройство для непрерывной газовой съемки. Авторское свидетельство на изобретение SU 1716468 A1 от 29.02.1992г. Бюл. № 8.
2. Шиканов Е.А. Способ определения мест утечек углеводородных компонент из подземного магистрального трубопровода/ Е.А. Шиканов, А.В. Ильинский, Н.Г. Лобачева, Т.А. Титкина// Патент РФ № 2308640 от 23.03.2006.
3. Бердоносова Н.А. Ультразвуковой метод обнаружения утечек продуктивных углеводородов из подземного магистрального трубопровода/ Н.А. Бердоносова, Б.Ю. Богданович, А.В. Ильинский, Е.М. Кутузов, А.В. Нестерович, А.А. Рухман, В.А. Сенюков, А.Е.Шиканов, Е.А. Шиканов// Сборник статей Международной научно- практической конференции «Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность», Севастополь, 2018. С.181-185.

REMOTE CONTROL FOR OUTFLOW OF PRODUCTIVE HYDROCARBON FROM UNDERWATER MAGISTRAL TUBE

**Yu.F. Juikov¹, A.V. Ilyinskiy¹, T.M. Kutuzov¹, V.I. Patrikeev¹,
A.A. Ruhman¹, E.A. Sotnichenko¹, E.A. Shikanov²**

¹*Institute of Geophysical & Radiation Technology of IA SHS, Moscow, 129345, Russia,
e-mail: andry49@yandex.ru*

²*LLC "Specavtoiginiring", Moscow, Russia, e-mail: eshikanov@mail.ru*

Abstract

Ultrasound method for remote control for outflow scan of productive hydrocarbon from underwater magistral tube is considered. The apparatus for this method realization is described. Gas analyzer and ultrasound radiator were used in this apparatus.

ДЕФЕКТНОСТЬ ПЫЛЬЦЫ *TARAXACUM OFFICINALE* WIGG. S.L. В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ СРЕДЫ

Т.В. Жуйкова, А.В. Кривошеева

Нижнетагильский государственный социально-педагогический институт (филиал)
ФГАОУ ВО «Российский государственный профессионально-педагогический
университет», г. Нижний Тагил, 622031, Российская Федерация
e-mail: hbfnt@rambler.ru

Изучение апомиктичных видов имеет важное значение, как с эволюционной, так и с биологической точки зрения. Косвенным методом выделения таких видов является оценка дефектности пыльцевых зерен. При переходе растений на апомиктичный способ размножения происходит в первую очередь редукция андроцея, повышение доли стерильной пыльцы, изменение формы и размеров пыльцевых зерен [1, 2]. Существует прямая корреляция между степенью дефектности пыльцы и апомиксисом [2]. С этих позиций интерес представляет изучение видов растений, способных одновременно к половому и бесполому размножению, так называемых факультативных апомиктов. Наличие в пределах вида двух устойчивых состояний – амфимиксиса и апомиксиса рассматривается как важное адаптивное свойство [3]. Можно предположить, что стрессовые условия произрастания растений могут приводить к снижению апомиктических свойств у факультативных апомиктов и их переходу на амфимиксис. Цель данной работы – изучить степень дефектности пыльцы двух морфологических форм *Taraxacum officinale* Wigg. s.l., произрастающих в условиях техногенной трансформации среды.

Материал и методы. Исследования проведены на территории г. Нижний Тагил – таежная географическая зона, подзона южной тайги (Притагильский район Среднего Урала, 58° с. ш., 60° в. д.). Объект исследования – одуванчик лекарственный *Taraxacum officinale* Wigg. s.l. – многолетний стержнекорневой поликарпик, факультативный апомикт [4]. Вид полиморфный. Структуру исследуемых ценопопуляций составляют две морфологические формы *Taraxacum off. f. dahlstedtii* Lindb. fil. и *Taraxacum off. f. pectinatifirme* Lindb. fil. Во «Флоре Европейской части СССР» [5] они выделены в ранге видов, входящих в *Taraxacum officinale* Wigg.s.l. Диплоиды $2n=24$.

Материал собран в период массового цветения вида (I декада июня 2017–2018 гг.) в пяти ценопопуляциях (участки: Фон-1, Фон-2, Буфер, Импакт-1, Импакт-2), произрастающих на залежах и техногенных субстратах (отвалы промышленных предприятий). Данные территории отличаются содержанием тяжелых металлов в почве, интегральным показателем которого выступает суммарная токсическая нагрузка (Z), которая варьирует от 1 до 30 отн. ед. В соответствии с физико-химическими параметрами почв эти территории отнесены к двум группам: агроземы и техноземы [6].

В ценопопуляциях соцветия собирали с 10 растений каждой морфологической формы одуванчика. Объем собранного материала – 100 корзинок. При помощи ацетокарминовой методики [1, 7] была изучена степень дефектности пыльцы. При окрашивании препаратов ацетокармином деструкция пыльцевых зерен имеет более выраженный характер [8]. К дефектным относили неокрашенные и слабо окрашенные пыльцевые зерна нормальных размеров (33–63 мкм), мелкие (16–32 мкм) и гигантские (64–80 мкм), имеющие любую степень окрашивания. Анализ препаратов выполнен с помощью микроскопа марки Ломо Микмед-1 при увеличении 120 раз. Результаты исследований анализировали с использованием методов статистического анализа с помощью пакета компьютерных программ Statistica v. 10.0 (StatSoft, Inc.,

2012). Проверку выборочных распределений частоты встречаемости растений с разной степенью дефектности пыльцы на соответствие закону нормального распределение проводили с использованием критериев Колмагорова-Смирнова и Шапиро-Уилка. Различия между формами одуванчика и влияние на дефектность пыльцевых зерен физико-химических параметров почв и токсической нагрузки оценивали методом двухфакторного дисперсионного анализа.

Результаты исследования. Пыльца считается нормальной, если доля дефектных пыльцевых зерен не превышает 11% (Куприянов, 1989). Ранее в наших исследованиях было показано, что у исследуемых форм *T. officinale* Wigg. s.l. показатель дефектности пыльцы в ценопопуляциях фоновой зоны составляет в среднем 8–9 % [9]. Степень дефектности пыльцы у растений из ценопопуляций загрязненных участков значительно превышает предельно допустимый уровень: при среднем уровне токсической нагрузки показатель варьирует от 16 до 50%, при максимальном загрязнении достигает 55–60%.

В исследованиях, проведенных в этой же Притагильской зоне Среднего Урала через 17 лет, установлено, что у растений из всех изученных ценопопуляций, включая территории фоновой зоны, показатель превышает допустимый пороговый уровень (табл. 1).

Таблица 1

Доля дефектной пыльцы у двух форм *T. officinale* Wigg. s.l., %

№ растения	Фон – 1 (Z = 1.0 отн. ед.)	Фон – 2 (Z = 1.4 отн. ед.)	Буфер – 2 (Z = 6.2 отн. ед.)	Импакт – 1 (Z = 22.8 отн. ед.)	Импакт – 2 (Z = 30.0 отн. ед.)
<i>f. dahlstedtii</i>					
1	83.3	71.4	53.3	38.5	50.0
2	64.3	75.0	62.5	95.7	85.7
3	31.3	63.2	75.0	90.0	75.0
4	37.5	63.6	100.0	60.0	55.6
5	20.0	100.0	44.4	53.8	37.5
6	45.2	81.8	31.8	16.7	83.3
7	14.3	66.4	56.5	31.3	60.0
8	62.9	42.9	69.2	32.7	57.1
9	28.0	50.0	57.1	45.5	25.0
10	42.9	39.1	41.7	56.0	61.5
<i>M ± m</i>	43.0 ± 0.07	65.4 ± 0.06	59.2 ± 0.06	52.0 ± 0.08	59.1 ± 0.06
<i>f. pectinatiforme</i>					
1	33.3	45.0	27.8	12.5	33.3
2	100.0	0	75.0	41.7	43.8
3	75.0	28.0	47.8	75.0	0
4	0	72.2	100.0	100.0	68.8
5	85.7	42.9	54.3	30.0	42.9
6	100.0	58.3	60.0	56.8	62.1
7	75.0	33.3	33.3	92.3	71.4
8	100.0	77.8	50.0	40.0	30.8
9	60.0	28.6	62.5	36.0	44.4
10	50.0	47.1	71.4	100.0	40.0
<i>M ± m</i>	58.9 ± 0.11	43.3 ± 0.07	59.2 ± 0.06	58.4 ± 0.10	43.7 ± 0.6

Примечание: *M* – среднее арифметическое, *m* – ошибка среднего арифметического.

Доля дефектных пыльцевых зерен у двух форм одуванчика, произрастающих в градиенте загрязнения почв тяжелыми металлами, в среднем варьирует у *f. dahlstedtii* от 43 до 65%, у *f. pectinatiforme* – от 43 до 60%. Встречаются растения, у которых вся пыльца дефектная.

В исследуемых ценопопуляциях у *f. dahlstedtii* доля дефектных пыльцевых зерен в корзинке варьирует от 14% до 100%, у *f. pectinatiforme* от 0 до 100%. На агроземах и техноземах у исследуемых форм преобладают растения со средним (31–60%) и высоким (> 60%) уровнем дефектной пыльцы. На агроземах у *f. dahlstedtii* 50% растений имеют высокий уровень дефектных пыльцевых зерен в цветочной корзинке, у *f. pectinatiforme* – 35 % таких особей (табл. 2). На техноземах у обеих исследуемых форм одуванчика преобладают растения со средним уровнем дефектной пыльцы. Как с высоким на агроземах, так и со средним на техноземах уровнем дефектной пыльцы преобладают растения *f. dahlstedtii*. Техногенная трансформация среды приводит к уменьшению доли растений с высокой дефектностью пыльцы у этой формы одуванчика и незначительному ее повышению у *f. pectinatiforme*.

Таблица 2

Частота встречаемости растений с разной степенью дефектности пыльцы, %

Формы одуванчика	Агроземы			Техноземы		
	< 30	31–60	> 60	< 30	31–60	> 60
<i>f. dahlstedtii</i>	15	35	50	8	63	33
<i>f. pectinatiforme</i>	25	40	35	13	47	40

Несмотря на выявленные различия в степени дефектности пыльцы и в доле растений с аномальными пыльцевыми зёрнами, в ходе двухфакторного дисперсионного анализа статистически незначимых различий между формами одуванчика ($F = 0.39$; $df = 1$; 99 ; $p = 0.54$), а также влияние на исследуемый показатель токсической нагрузки ($F = 0.38$; $df = 4$; 99 ; $p = 0.82$) и физико-химических параметров почв ($F = 0.31$; $df = 1$; 99 ; $p = 0.58$) не установлено. Статистически значимое влияние на исследуемый признак оказывает сочетанное действие факторов «группа почв» и «материнское растение» ($F = 2.21$; $df = 9$; 99 ; $p = 0.03$).

Таким образом, если рассматривать представленный материал с позиции апомиктических свойств у исследуемого вида, то можно предположить, что во временном диапазоне мы имеем дело с реакцией вида на ослабление техногенного пресса. Последнее проявляется в снижении объема атмосферных загрязнений, включая мелкодисперсную полиметаллическую пыль. Суммарная величина поступления загрязняющих веществ в атмосферный воздух г. Нижний Тагил от 149 промышленных предприятий в период с 2000 по 2017 гг. снизилась в среднем с 207,5 до 133,7 тыс. т. [10, 11]. Это приводит к усилению проявления апомиктических свойств у исследуемых морфологических форм *T. officinale* Wigg. s.l.

Степень дефектности пыльцы в среднем у *f. dahlstedtii* выше, чем у *f. pectinatiforme*, независимо от мест произрастания материнских растений. Техногенная трансформация среды, включая загрязнение почвы тяжелыми металлами, приводит к ослаблению апомиктических свойств у *f. dahlstedtii* и усилению у второй формы.

Список литературы:

1. Хохлов С. С. Выявление апомиктических форм во флоре цветковых растений СССР [Текст] : Программа, методика, результаты / С. С. Хохлов, М. И. Зайцева, П. Г. Куприянов. – Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1978. – 224 с.

2. Куприянов П. Г. Диагностика систем семенного размножения в популяциях цветковых растений / П. Г. Куприянов. – Саратов.: Изд-во Саратов. ун-та, 1989. – 160 с.
3. Глазунова К. П. Апомиксис у восточноевропейских представителей рода *Alchemilla* L.: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.05. М., 1983. 16 с.
4. Ермакова И. М. Одуванчик лекарственный: Номенклатура и систематическое положение [Текст] / И. М. Ермакова // Биологическая флора Московской области / под ред. В. Н. Павлова [и др.]. М., 1990. – С. 210–269.
5. Флора европейской части СССР. – Л.: Наука, 1989. – Т. 8. – С. 62–101.
6. Жуйкова Т. В. Особенности почв и травянистых растительных сообществ в условиях техногенеза на среднем Урале / Т. В. Жуйкова, Э.В. Мелинг, С. Ю. Кайгородова, [и др.] // Экология. 2015. – № 3. – С. 163–172.
7. Нечкина М. А. Способ биоиндикации мутагенов почвы [Текст] / М. А. Нечкина, В. С. Журков // Гигиена и санитария. 1997. – № 1. – С. 48 – 49.
8. Глухов А. З. Состояние пыльцы *Tripleurospermum perforatum* (Merat) M. Laipz и *Cichorium intybus* L. при загрязнении почв тяжелыми металлами / А. З. Глухов, И. Н. Остапко, А. И. Сафонов // Промышленная ботаника. 2001. Вып. 1. С. 84–87.
9. Северюхина О. А. Функциональное состояние пыльцы *Taraxacum officinale* s.l. в условиях химического загрязнения среды / О.А. Северюхина, Т.В. Жуйкова // Проблемы глобальной и региональной экологии: Материалы конф. молодых ученых, 31 марта – 4 апреля 2003 г. / ИЭРиЖ УрО РАН. — Екатеринбург.: Изд-во «Академкнига», 2003. – С. 233 – 241.
10. Государственный доклад «О состоянии окружающей природной среды и влиянии факторов среды обитания на здоровья населения Свердловской области в 2000 году». – Екатеринбург, 2000. – 268 с.
11. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Свердловской области в 2016 году». – Екатеринбург, 2017. – 329 с.

**POLLEN DEFECTIVENESS IN TARAXACUM OFFICINALE WIGG. S.L.
UNDER CONDITIONS OF TECHNOGENIC
TRANSFORMATION OF ENVIRONMENT**

T.V. Zhuikova, A.V. Krivosheeva

*Nizhny Tagil State Social Pedagogical Institute, Nizhny Tagil, 622031, Russia,
e-mail: hbfnt@rambler.ru*

Abstract

The technogenic transformation of environment results in increase of amphimixis in facultative apomicts. The decrease of polymetallic dust in the atmospheric air of Nizhny Tagil results in increase of apomictic properties of f. *dahlstedtii* and f. *pectinatiforme*. Technogenic transformation of environment, including soil contamination with heavy metals, contributes to weakening of apomictic properties in f. *dahlstedtii* and strengthening of apomictic properties in f. *pectinatiforme*.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПИНАГОРА (*CYCLOPTERUS LUMPUS*)
ДЛЯ БИОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ЧИСЛЕННОСТИ
МОРСКИХ ВШЕЙ *LEPEOPHTEIRUS SALMONIS***

Н.Г. Журавлева¹, А.И. Жомова², Oddvar Ottesen³

¹Мурманский Морской Биологический Институт, г. Мурманск, Россия
e-mail: NonnaZh@yandex.ru

²ФГБУ «Мурманское управление по Гидрометеорологии и Мониторингу
Окружающей Среды», г. Мурманск, Россия

³Норд университет, г. Будё, Королевство Норвегия

Использование пестицидов и химических агентов в борьбе с паразитами при выращивании рыб наносит вред окружающей среде и предопределяет нерациональное использование морских ресурсов. Альтернативой химическим методам борьбы с «проблемой морской вши» является использование рыб чистильщиков – естественных охотников на *Lepeophtheirus salmonis*, эктопаразита, который использует лосося и треску в качестве хозяина, приводит к ухудшению товарного вида взрослых особей (поселяется на коже и жабрах лососей и питается покровами тела, а в местах их прикрепления образуются кровоподтеки и эрозия тканей) и вызывает заболевания молоди рыб [1] [2].

У пинагора есть несколько основных преимуществ по сравнению с другими видами чистильщиков: они устойчивы к заражению морскими вшами, имеют более широкий температурный диапазон (от 4 -7 °С и ниже), быстрый темп роста. Они достигают длины 5-6 см в течение 4-5 месяцев. Пинагоры питаются на протяжении всего года, и менее подвержены инфекциям.

Возможность использования *Cyclopterus lumpus* в качестве чистильщика и альтернативы химическим методам борьбы с «проблемой морской вши» привлекло внимание специалистов в коммерческой марикультуре лососевых. Разведение *Cyclopterus lumpus* вместе с лососем спасает его от морской вши, пинагор съедает эктопаразитов с чешуи лосося. Основным препятствием в масштабном использовании *Cyclopterus lumpus* для аквакультуры является ограниченность в дикой природе его популяции, которая уменьшается по мере вылова.

Успешное использование экологически чистых мер (использование *Cyclopterus lumpus*), а не химических средств для борьбы с паразитами влечет за собой еще одну задачу: обеспечение достаточного количества особей пинагора в лососевой и тресковой марикультуре.

Для этого требуется наладить его воспроизводство. Однако биология и экология *Cyclopterus lumpus* недостаточно изучены. Мало данных об эмбриональном развитии. Выращивание жизнеспособной молоди является критическим моментом в массовом производстве *Cyclopterus lumpus*.

Материал и методы. Работу проводили на аквариальной базе ММБИ в Дальних Зеленцах в России, а также в Норвегии на станции аквакультуры Норд Университета.

Объектом исследования являлся пинагор *Cyclopterus lumpus*. Кладки получали в период нереста. Проводили инкубацию икры. Молодь подращивали как из личинок, полученных из кладок при инкубации последних в аквариальных условиях, так и из личинок, отловленных в природных условиях. Эксперименты повторяли многократно.

Результаты и обсуждение. Успешное выполнение задач по разработке биотехнологии выращивания во многом зависит от определения оптимальных условий для

содержания маточного стада, инкубации икры, выращивания личинок и молоди рыб, получения жизнеспособного потомства *Cyclopterus lumpus*.

- Исследованы основные вопросы, которые являлись препятствием для масштабного разведения

- Впервые проведена экспериментальная работа по установлению оптимальных условий при инкубации икры и выращивании личинок.

- Получены данные об основных факторах среды, имеющих существенное влияние на эмбриональное развитие.

- Описана процедура инкубации икры и основные проблемы, возникающие в ходе эмбрионального развития.

- Установлены требования к температуре, солености для получения здорового потомства во время эмбрионального периода.

- Представлены рекомендации, основанные на экспериментальных данных и практическом опыте.

Предложенная схема подготовки маточного стада для нереста и получения жизнеспособных особей *Cyclopterus lumpus* включает в себя:

- создание ремонтно-маточного стада, прохождение карантина;
- организацию работ по содержанию маточного стада;
- распределение особей в нерестовые группы в отдельных бассейнах;
- подготовку особей к нерестовому периоду (установление рационов питания, особых экологических условий, контроль за оогенезом и сперматогенезом особей и стадиями зрелости половых продуктов);

- нерестовой период (сбор кладок);

- инкубацию икры;

- получение личинок *Cyclopterus lumpus*;

- подращивание личинок и переход на экзогенное питание;

- содержание мальков *Cyclopterus lumpus* и подращивание до размера достаточного для доставки на фермы;

- совместное содержание *Cyclopterus lumpus* с лососем и треской.

Рекомендации по технологии разведения:

- Разработка способов управления содержанием ремонтно-маточного стада для своевременного получения личинок (рекомендации по плотности посадки рыб, питанию, по содержанию и основным характеристикам термо- и фотопериода).

Разработаны рекомендации по установлению оптимальных условий для содержания ремонтно-маточного стада, инкубации икры и выращивания личинок, получения кладок; закладка оплодотворенной икры на инкубацию; наблюдение за развитием эмбрионов для своевременного решения основных проблем, возникающих в ходе эмбрионального развития, и для обеспечения максимально возможной степени выживания личинок, определения стадий развития икры:

- выдерживание и перевод личинок на экзогенное питание;

- разработка рекомендаций по содержанию и уходу за молодь в условиях выращивания;

- составление рекомендаций по основным требованиям для получения жизнеспособной молоди и обеспечения максимального роста личинок;

- разработка рекомендаций для установления режимов питания взрослых рыб и личинок

Результаты научных исследований изложены в научных публикациях, представленных на научно-практических конференциях и симпозиумах в виде стендовых и устных докладов. Планируется выпуск руководства по биотехнологии разведения *Cyclopterus lumpus*, эмбриологического и гистологического атласов.

Список литературы:

1. Ottesen O., Zhuravleva N.G., et al. 2009. Ballan wrasse offer efficient environmentally friendly sea lice control. Global Aquaculture Alliance. P. 56–57.
2. Щепак Л.В., Журавлева Н.Г., Ottesen O.H. 2012. Эффекты температуры и солености на оплодотворенную икру радужного губана *Labrus bergylta* при инкубировании // Вестник КамчатГТУ. № 22. С. 92–97.

THE USE OF LUMPFISH (*CYCLOPTERUS LUMPUS*) FOR BIOLOGICAL CONTROL OF SEA LICE NUMBERS *LEPEOPHTEIRUS SALMONIS*

N.G. Zhuravleva¹, A.I. Zhomova², Oddvar Ottesen³

¹*Murmansk Marine Biological Institute, Murmansk, Russia*

²*Murmansk Department of Hydrometeorology and Environmental Monitoring, Murmansk, Russia*

³*Nord University, Bodo, Norway*

Abstract

In sea cage rearing of Atlantic salmon (*Salmo salar L.*) repeated lice infestations are a major problem to the industry. Sea lice (Copepoda, Caligidae) are ectoparasitic copepods which infect salmonids of the northern hemisphere. The lice feed on the mucus, skin and blood of the host and, if they are not removed, cause open wounds exposing the fish to osmotic stress and secondary infections.

Regular treatments of salmon with organophosphate pesticides are necessary once sea lice populations become established because the larval stages are not affected and the sea lice reproduce rapidly. As well as being expensive (due to continual retreatment) and laborious to use, pesticide use can cause stress to the salmon and reduce growth.

One successful alternative sea-lice treatment involves cleaning species where one species of fish (the cleaner) feeds on parasites from another species (the host). Lumpfish *Cyclopterus lumpus* was used as effective cleaner species.

МОРФОЛОГИЯ ПИНАГОРА – НЕТРАДИЦИОННОГО ОБЪЕКТА МАРИКУЛЬТУРЫ

Н.Г. Журавлева¹, А.И. Жомова², Oddvar Ottesen³

¹Мурманский Морской Биологический Институт, г. Мурманск, Россия,
e-mail: NonnaZh@yandex.ru

²ФГБУ «Мурманское управление по Гидрометеорологии и Мониторингу
Окружающей Среды», г. Мурманск, Россия

³Норд университет, г. Будё, Королевство Норвегия

Использование пинагора *Cyclopterus lumpus*, а не химических средств для борьбы с эктопаразитами влечет за собой задачу обеспечения достаточного количества пинагора для лососевой и тресковой марикультуры, поскольку основным препятствием в масштабном использовании для аквакультуры, является ограниченность их популяции в дикой природе, которая уменьшается по мере вылова. Для этого требуется наладить их воспроизводство.

Пинагор предложен нами для применения в марикультуре трески и атлантического лосося (для управления численностью эктопаразитов «морской вши») в качестве альтернативы химическим методам борьбы. Совместное выращивание пинагора и лосося спасает последних от морской вши, пинагор съедает эктопаразитов с чешуи лосося. Пинагор – наиболее эффективный «чистильщик» морских вшей в высоких широтах при низкой температуре морской воды. Использование его в лососевой и тресковой марикультуре на 15% повышает выход конечной продукции, нежели применение других чистильщиков. Морфологическое направление исследований расширяет базу знаний о видах, имеющих большое значение для развития биотехнологий культивирования, способствует выращиванию их жизнестойкой молоди, профилактике и лечению заболеваний.

Цель исследования заключается в анализе морфологического строения молоди пинагора.

Материал и методы. Материалом для изучения послужили гистологические срезы молоди пинагора, сделанные на базе университета Северной Норвегии г. Будо (Nord University), факультете биологических наук и аквакультуры. Срезы изучали и делали фото на микроскопе "Olympus" (Япония) с использованием программы Cell. Выбор увеличения при рассмотрении объектов зависит от конкретных задач - от 40 х до 1000 х. При микроскопическом исследовании обращали внимание на наличие или отсутствие морфологических изменений в клетках и тканях, имеющих прогностическое значение для определения функционального состояния органа [1]. Математическую обработку материалов проводили с использованием общепринятых статистических методов. Различия считали достоверными при превышении 95% уровня значимости.

Результаты. Молодь *Cyclopterus lumpus* имеет большой с хорошо развитыми отделами головной мозг, который занимает почти четверть всего туловищного отдела.

Кожа молоди пинагора представлена эпидермисом, имеющим эпителиальные и слизистые клетки. Под эпидермисом находится базальная мембрана и лежащая под ней соединительная ткань.

Тимус состоит из трабекул и покрыт тонким эпителиальным слоем, который также выстилает жаберную полость. Имеются эритроциты (эллиптические с центральным овальным ядром), лейкоциты и тромбоциты.

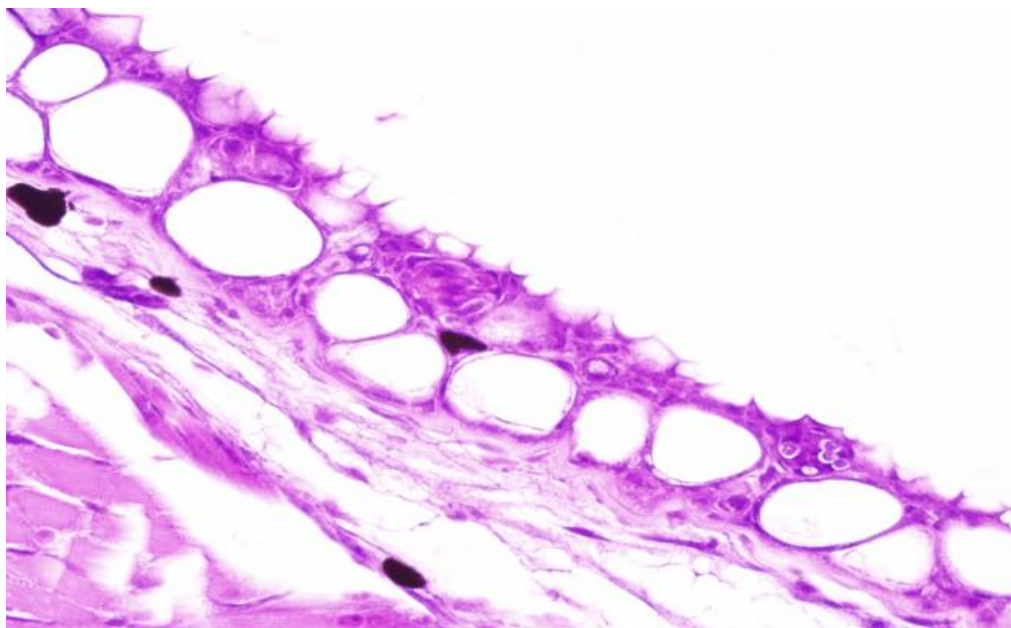


Рис. 1. Часть сагиттального среза тела молодки пинагора. Гематоксилин Гарриса, эозин. Ув. 400. Кожа

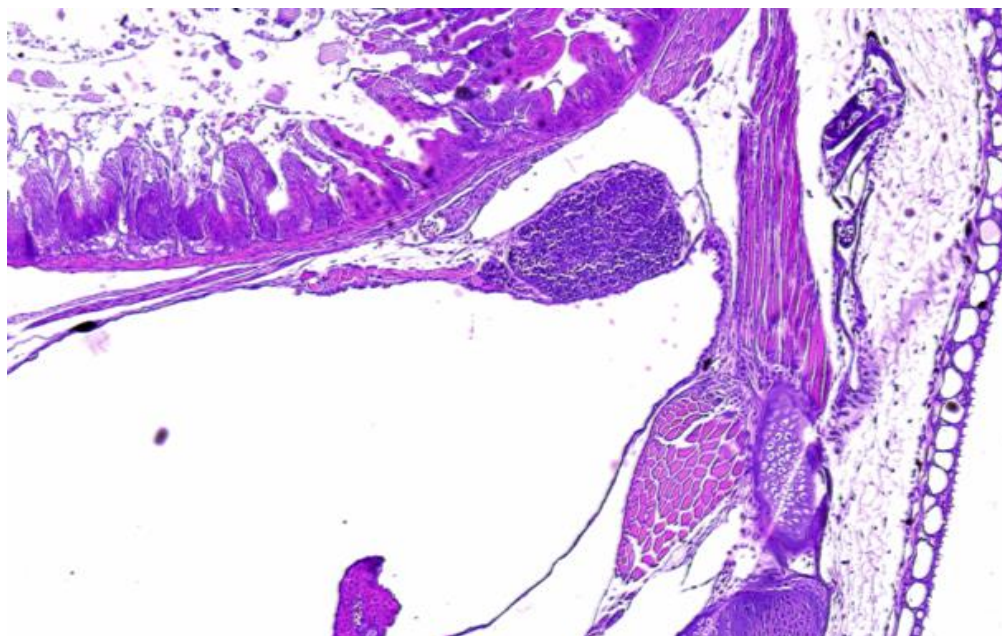


Рис. 2. Часть сагиттального среза молодки пинагора. Гематоксилин Гарриса, эозин. Ув. 100. Тимус.

Селезенка – непарный обособленный орган, находящийся рядом с желудком, участвует в кроветворении и защитных реакциях организма. Состоит из красной и белой пульпы, в которой депонируются зрелые эритроциты и лейкоциты.

Поджелудочная железа расположена вблизи кишечника и печени и состоит из экзогенной и эндогенной частей. Экзокринные клетки поджелудочной железы содержат секреторные гранулы (зимогенные).

Печень - пищеварительная железа, вырабатывающая желчь, протоки печени впадают в передний отдел кишечника. Основными составными частями печени являются синусоиды, снабжающие кровью гепатоциты, и желчные протоки.

Почка представлена множеством канальцев, окруженных гемопоэтической тканью. Количество гемопоэтических клеток возрастает в процессе роста.

Мочевой пузырь является терминальным расширением соединения двух нефрических протоков. Стенка мочевого пузыря представлена переходным эпителием. Она состоит из плоского, и призматического эпителиев, а так же из подстилающего соединительнотканного слоя клеток.

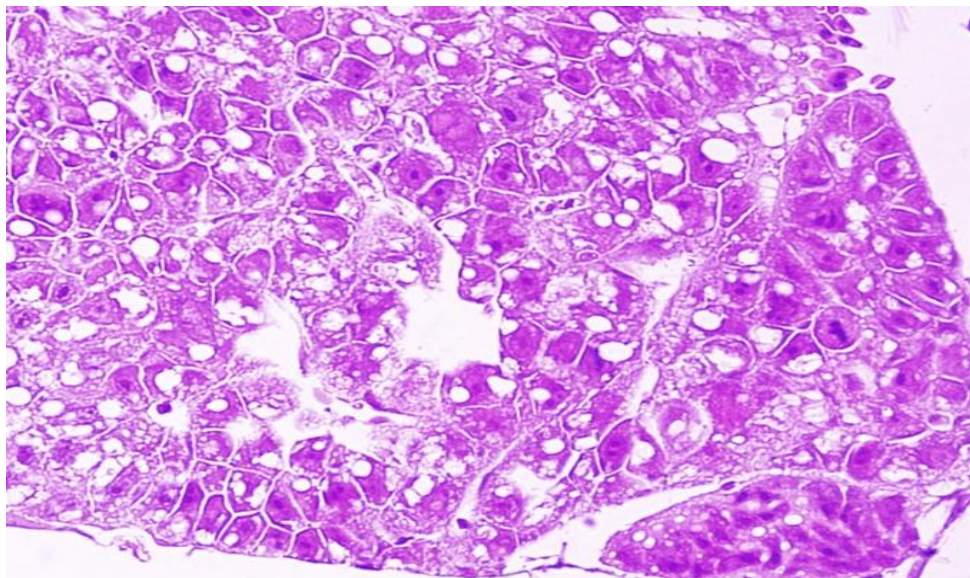


Рис. 3. Часть сагиттального среза тела молодца пинагора. Гематоксилин Гарриса, эозин. Ув. 200. Печень.

Развиты железы в желудке и складчатость пищевода и кишки, что приводит к увеличению переваривающей способности пищеварительного тракта. Слизистая рта, глотки, пищевода и заднего отдела кишечника содержит слизистые клетки. Относительно низкая плотность содержания клеток находится в ротовой полости и наиболее высокая в пищеводе, а выстилка эпителия среднего отдела кишечника содержит бокаловидные клетки.

В настоящее время ведутся интенсивные научные разработки для совершенствования биотехнологии выращивания пинагора и одним из главных аспектов для решения этой задачи является получение достоверных морфологических данных в онтогенезе *Cyclopterus lumpus*.

Список литературы:

1. Журавлева Н.Г., Матишов Г.Г., О. Оттесен, Будилова Е.В., Троценко А.А., Ларина Т.М. Биоэкологические основы жизнедеятельности организмов в условиях Заполярья / монография – Апатиты: издательство КНЦ РАН, 2013. 210 с.

MORPHOLOGY LUMPFISH – UNCONVENTIONAL OBJECT OF AQUACULTURE

N.G. Zhuravleva¹, A.I. Zhomova², Oddvar Ottesen³

¹Murmansk Marine Biological Institute, Murmask, Russia, e-mail: NonnaZh@yandex.ru

²Murmansk Department of Hydrometeorology and Environmental Monitoring, Murmask, Russia

³Nord University, Bodo, Norway

Abstract

During development from hatching to metamorphosis the different organs and systems *Cyclopterus lumpus* mature into their final morphology and functions. The spleen is located nearby the stomach and consists of red pulp and white pulp for storage of mature erythrocytes and leucocytes respectively.

The thymus, where T-cells mature, is located in the dorsal portion of the opercular cavity. The liver is divided into two lobules. Bile is produced in liver hepatocytes and is transported through the bile duct and cystic duct to the gall bladder. When needed the sphincter in the common bile duct opens and bile is released from the bladder into the intestine. The pancreas consist of Islets of endocrine cells, secreting different hormones (such as insulin), and exocrine glands, producing digestive enzymes.

ВЛИЯНИЕ НЕКОТОРЫХ АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА АРКТИЧЕСКОГО ГОЛЬЦА

Н.Г. Журавлева, О.Ю. Кудрявцева, С.А. Чаус

Мурманский Морской Биологический Институт, 183010, г. Мурманск, Россия

e-mail: NonnaZh@yandex.ru

Арктический голец имеет некоторые особенности, которые делают его перспективным объектом для товарного выращивания. Он имеет относительно хорошие темпы роста при низких температурах, его можно выращивать при высокой плотности посадки. Причина того, что мировое производство арктического гольца оставалось низким, связана с такими факторами, как ограниченная температурная толерантность, ограниченная переносимость морской воды океанической солености, переменный рост и ограниченность рынков сбыта для продукции. Успехи в области аквакультуры гольца в скандинавских странах в течение последних 30 лет позволили решить некоторые проблемы и обеспечить медленное, но стабильное развитие. В России в Заполярье предприняты попытки содержания гольцов в установках замкнутого водоснабжения.

Морские организмы из самых различных систематических групп сравнительно легко приспосабливаются к изменениям весьма существенных абиотических факторов, какими являются температура и опреснение [1]. Для некоторых организмов, таких, как (*Oncorhynchus keta*), горбуша (*O. gorbuscha*), кумжа (*Salmo trutta*), голец (*Salvelinus alpinus*), - перевод из пресной воды в воду океанической солености (34‰) согласно экспериментам сотрудников ММБИ Г.Д. Бочарова и Л.И. Васильева может быть осуществлен в течение полутора суток без каких – либо вредных последствий [2]. За время перевода рыбы не прекращают питаться.

Целью наших исследований было изучение влияния солености на разного размера особей арктического гольца (12-25 см)

Материал и методы. Арктический голец был выловлен в пресноводном озере на мысе Тоня в районе города Полярного сетью (ячей 35 мм) Их перевозили в канистре 20 л, периодически меняя воду. Отход вовремя и через сутки после транспортировки – 30 %, что соответствует общепринятым биотехническим нормативам. Рыб поместили в бассейны с отстоянной водопроводной водой, объем которых составлял 0.5 м³. Вода в бассейне аэрировалась воздухом, нагнетаемым установленным компрессором. Кроме того, с помощью насоса производилась внутренняя циркуляция воды в бассейне, чтобы избежать ее застоя. Температура воды за период выращивания была от 6.2 до 10,5 °С. Ph составляло от 5,7 до 8,2; O² было 7,07- 7,8 мл/л; NH⁴ было от 8,8 до 709,5 мкг/л; NO² составляло 3,9-43,3 мкг/л, NO³ было 1636- 2029 мкг/л; PO⁴ - 283-244,6.

Были проведены краткосрочные или острые опыты по адаптации гольца к океанической солености. Весной и летом доминантных особей гольца помещали на короткое время (5-20 минут) в воду океанической солености 33‰. Также были проведены опыты по постепенной адаптации гольца к морской воде в весенний и летний сезоны. В первом варианте из бассейна объемом 0,5м³ с пресной водой каждый день извлекали 10 литров пресной и столько же добавляли морской. Эксперимент продолжался около 2 месяцев. Соленость в исходном бассейне постепенно достигла 28 ‰. Во втором варианте в весенний период в бассейн с 0,25м³ пресной воды каждый день добавляли 10 л воды океанической солености 33‰ и доводили соленость до 15‰.

Собственные результаты. Первоначальной реакцией на помещение в воду океанической солености у особи длиной 25 см был стресс и передвижение по аквариуму с крейсерской скоростью. Спустя 10-20 минут опыт был прекращен из-за угнетенного состояния гольца. Попытка постепенного по минуте приучения особи к солености также не удалась.

В первом варианте опытов по постепенной адаптации особи жили и питались до достижения солености 28‰ в УЗВ. Чем больше становилась соленость после 20‰, тем большая угнетенность отмечалась у особей. Они чаще отказывались от корма, их плавательная активность снижалась. Спустя 2 месяца, когда соленость достигла 28‰ опыт прекратили и также постепенно стали уменьшать соленость, до тех пока особи снова оказались в пресной воде. Подопытные особи жили в дальнейшем без существенных проблем 1,5 года.

Во втором варианте опытов по постепенной адаптации особи жили до достижения солености 15‰ в УЗВ. Поскольку опыты проводили весной с мелкими особями (12 - 15 см) активность их резко снизилась уже спустя неделю. Питались и плавали они изредка. В основном находились на одном месте. Такое поведение можно объяснить тем, что подопытные особи были выловлены в озере, которое не имеет сообщения с морем, а также тем, что их осморегуляторные, особенно у мелких особей еще не развиты.

Обсуждение. М.М. Камшилов (1961 с. 49) пишет, что очень большой интерес представляет эксперимент, проведенный в 1960 году в ММБИ с палией (*Salvelinus alpinus*) – непроходной формой гольца. Л.И. Васильев (зав. лабораторией воспроизводства и акклиматизации), выловив в пресном озере в окрестностях Дальних Зеленцов несколько взрослых экземпляров палии размером 20- 25 см, сразу поместил их в аквариум с водой нормальной океанической солености. Приспособление рыб к новым солевым условиям, а также к условиям повышенной плотности, произошло мгновенно. Поведение палий как в первый момент после помещения их в морскую воду, так и в последующие дни ничем не отличалось от поведения в пресной воде. Рыбы сразу стали брать корм. Некоторые экземпляры прожили в аквариуме с морской водой более двух месяцев. К сожалению, авторы этих исследований не оставили публикации, где бы отражалось больше информации об условиях содержания и морфометрических особенностях гольца, сезоне проведения экспериментов, координатах и названии озера. В этих опытах, на наш взгляд, был использован арктический голец, живший в озере, имеющем сообщение с морем и в весенне- летние месяцы эти особи ранее могли посещать побережье, постепенно адаптируясь к солености. Известно, что толерантность к солености у гольцов повышается с возрастом. Сроки возможного пребывания в морской воде океанической солености чуть более двух месяцев, полностью совпадают со сроками, приведенными в статьях 80-90-х годов скандинавскими и канадскими коллегами. Поскольку арктический голец представлен пресноводной и особой экологической полупроходной формами, этим объясняется различие в поведении гольцов в наших экспериментах и опытах 60-х годов. Известно, что молодь гольца растет 2-6 лет предпочтительно в озере, прежде чем мигрирует в побережье моря [3]. Арктический голец в возрасте 2-6 лет совершает ежегодные кормовые миграции в побережье моря весной. Продолжительность пребывания в морской воде составляет от четырех до девяти недель, после чего они возвращаются в пресную воду для зимовки [4], [5], [6]. За период пребывания в эстуарии голец более чем в два раза увеличивает массу тела [7], [8]. В будущем планируется проведение экспериментов с гольцами, живущими в озерах, имеющими связь с морем по реке или ручью.

Благодарности. Исследования были проведены в рамках: ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы» проекта «Разработка технических средств,

биотехнологий выращивания нетрадиционных видов рыб и беспозвоночных для прогресса аквакультуры Южного и Северо-Западного федеральных округов России», соглашение № 14.607.21.0163 от 03.10.2016 г., уникальный идентификатор прикладных научных исследований и экспериментальных разработок (проекта) RFMEFI60716X0163.

Список литературы:

1. Журавлева Н.Г., Матишов Г.Г., О. Оттесен, Будилова Е.В., Троценко А.А., Ларина Т.М. 2013. Биоэкологические основы жизнедеятельности организмов в условиях Заполярья / монография – Апатиты: издательство КНЦ РАН, 210 с.
2. Камшилов М.М. 1961. Значение взаимных отношений между организмами в эволюции. М-Л. Изд. АН. 135с.
3. Rikardsen, A. H. and J. M. Elliott 2000. Variations in juvenile growth, energy allocation and life-history strategies of two populations of Arctic charr in North Norway. *Journal of Fish Biology* V, 56(2). P. 328-346.
4. Nordeng, H. 1977. Pheromone hypothesis for homeward migration in anadromous salmonids. *Oikos*, V. 28. P. 155-159.
5. Johnson, L. 1980. The Arctic char, *Salvelinus alpinus*. In E. K. Balon (Ed.) *Charrs. Salmonid fishes of the genus Salvelinus*. Dr. W. Junk, The Hague, The Netherlands. P. 15-98.
6. Berg, O. K. and M. Berg .1989. Sea Growth and Time of Migration of Anadromous Arctic Char (*Salvelinus alpinus*) from the Vardnes River, in Northern Norway. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. V. 46(6). P. 955-960.
7. Jorgensen, E. H., S. J. S. Johansen and M. Jobling. 1997. Seasonal patterns of growth, lipid deposition and lipid depletion in anadromous Arctic charr. *Journal of Fish Biology* V. 51(2). P. 312-326.
8. Rikardsen, A. H. 2000. Effects of Floy and V1alpha tags on growth and survival of juvenile Arctic charr. *North American journal of fisheries management* V. 20. P 719-728.

INFLUENCE OF SOME ABIOTIC FACTORS FOR ARCTIC CHAR

N.G. Zhuravleva, O.V. Kudryavtseva, S.A. Chaus

Murmansk Marine Biological Institute, 183010, Murmansk, Russia

e-mail: NonnaZh@yandex.ru

Abstract

Arctic char was caught in a freshwater lake on Cape Tonya in the area of the city of Polarny (Murmansk region). They were transported in a canister to RAS. Experiments were conducted on the gradual adaptation of char to sea water in the spring and summer seasons. The greater the salinity, the greater the oppression was observed in individuals. They often refused to feed, their swimming activity decreased, especially, if fish were 13-15 cm. The anadromous Arctic charr undergo a yearly seasonal feeding migration to the sea in early spring. Larvae is hatched in spring and undergo 2-6 years of growth in the watercourse (preferably a lake), before migrating to the sea (Rikardsen and Elliott 2000). Duration of the seawater residency is four to nine weeks after which they return to fresh water for overwintering, and the migration is spatially restricted to coastal areas near the watercourse (Nordeng 1977; Johnson 1980; Berg and Berg 1989). This seawater residency Arctic charr has been achieved to more than double their body weight (Jorgensen et al. 1997; Rikardsen 2000).

УДК 611.31.59 628.1.03 504.45

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИОНОСЕЛЕКТИВНЫХ ЭЛЕКТРОДОВ В МОНИТОРИНГЕ ПРИРОДНЫХ ВОД

Н.К. Зайцев¹, О.М. Горшкова², С.В. Шорин³, К.А. Чевель²

¹Кафедра энергетических технологий, систем и установок института тонких химических технологий им. М.В.Ломоносова, г. Москва, 119571, Россия, e-mail: nk_zaytsev@mail.ru

²Географический факультет МГУ им. М.В.Ломоносова, г. Москва, 119991, Россия, e-mail: gorshk@yandex.ru, alpkira@mail.ru

³ООО «Эконикс-Эксперт», г. Москва, 108811, Россия, e-mail: sshorin@mail.ru

При мониторинговых исследованиях качества природных вод часто используют различные методы электрохимического анализа. Одним из наиболее удобных и точных методов оценки концентраций различных катионов и анионов в них является метод ионометрии с использованием ионоселективных электродов. На географическом факультете МГУ им. М.В. Ломоносова в лаборатории водных систем кафедры рационального природопользования проводятся исследования качества вод с различной минерализацией с помощью ионоселективных электродов. Накоплен опыт оценки возможности их применения в определении анионов Cl^- , F^- , S^{2-} , NO_3^- , катионов NH_4^+ , K^+ , Na^+ и рН. Общие вопросы избирательности и методики определения этих ионов описаны Б.П.Никольским и Е.А.Матеровой [1].

В работе приведены некоторые результаты мониторинговых исследований катионов и анионов в речных и озерных водах, проводимые с целью изучения источников их загрязнения и динамики изменения качества воды. Определение ионов проводили при помощи четырехканального портативного анализатора жидкости «Эксперт-001», позволяющего проводить измерения как *in situ*, так и в лаборатории, с использованием ионоселективных электродов «Эконикс-Эксперт» (Россия) и «Beckman» (USA).

На рис.1 представлены результаты определения концентраций катионов натрия и калия с использованием ионоселективных электродов. Мониторинг качества вод р. Москвы проводили осенью 2015 г. Пробы поверхностных вод систематически отбирали от причала гостиницы «Украина» (т. 10) до пристани у начала заказника «Воробьевы горы» (т. 1) и в устье р. Сетунь (т.2).

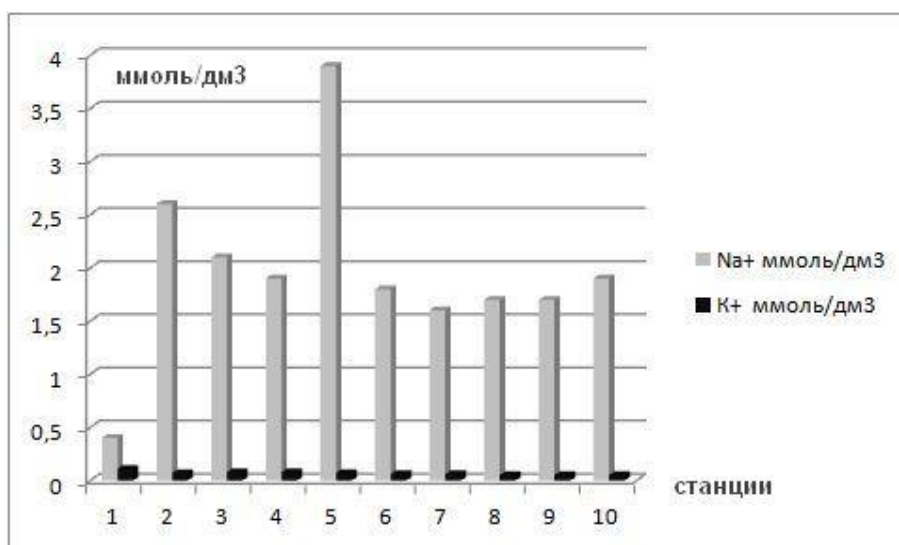


Рис. 1. Мониторинг катионов K^+ и Na^+ в водах р. Москвы (2015 г.)

Концентрация катионов калия менялась незначительно, в пределах погрешности измерения (10%). В точке 5 (попадание вод водовыпуска ТЭЦ-12 в воды р. Москвы) видно увеличение концентрации катионов натрия в месте сброса сточных вод. Также для р. Сетунь общая минерализация вод существенно больше и соответственно концентрация катионов натрия в устье тоже выше.

Измерение концентраций различных ионов ионоселективными электродами в пресных водах рек и озер можно проводить в различные сезоны в длительные отрезки времени, сравнивая средние сезонные концентрации с годичным интервалом. Это возможно при использовании стандартных методов калибрования электродов с использованием буферных растворов, приготовленных по единой стандартной методике [2]. На рис.2 и 3 представлены многолетние результаты мониторинга концентраций хлоридов и фторидов в осенний период в трех точках: воды р. Москвы до впадения р. Сетунь, воды р. Сетунь в устье при впадении в р. Москву и воды р. Москвы после впадения р. Сетунь. Большое количество хлоридов поступает в воды рек с поверхностным стоком. Поэтому концентрация хлоридов зависит не только от количества атмосферных осадков на водосборе, но и от экологического состояния территории водосбора.

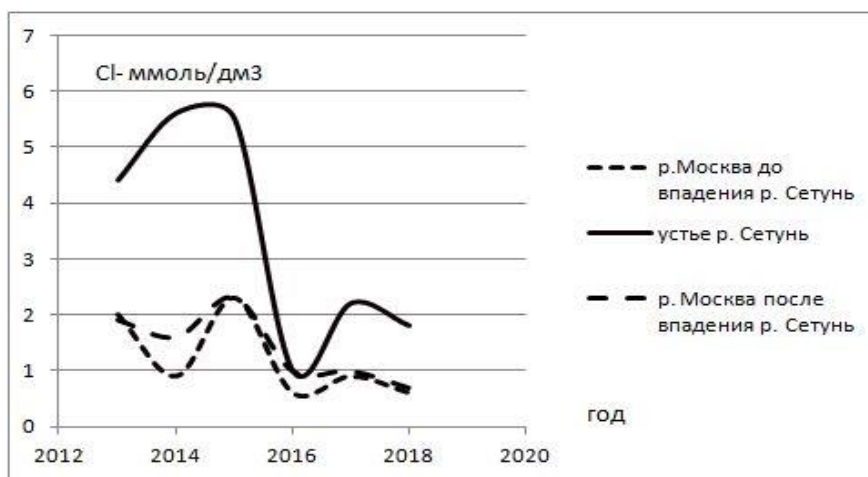


Рис. 2. Результаты мониторинга хлоридов в водах р. Москвы и р. Сетунь за 6 лет.

На рис. 2 видно уменьшение концентрации хлоридов к 2018 году в связи с формированием особо охраняемой территории и улучшением экологического состояния в долине р. Сетунь.

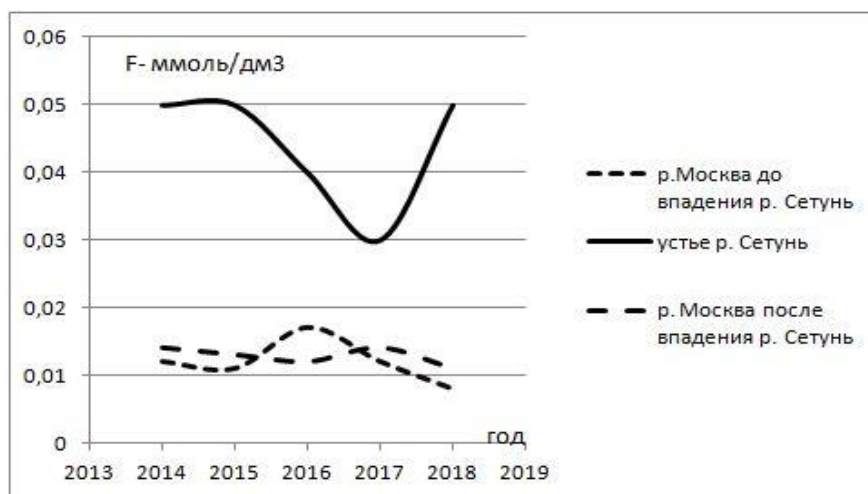


Рис. 3. Результаты мониторинга фторидов в водах р. Москвы и р. Сетунь за 6 лет.

Концентрация фторидов в воде зависит от содержания их в руслослагающих породах водосбора и подземных водах. На содержание фторидов в поверхностных водах влияет только количество атмосферных осадков. В дождливую осень в 2017 г. их меньше, в сухой период – больше (рис.3.).

Мониторинг неорганических форм азота в поверхностных и глубинных водах *in situ* и в лабораторных условиях проводят с использованием ионоселективных электродов для определения концентраций катиона аммония и нитратов. При определении катиона аммония в природных водах необходимо параллельно измерять концентрацию катионов калия и учитывать в результатах [2], так как калий мешает определению аммония из-за низкой селективности электрода. Впрочем, для ультрапресных вод при концентрации калия меньше 0,2 ммоль/дм³ и погрешности измерения 10%, этим можно пренебречь [3]. Ионоселективному электроду на нитраты мешают хлориды. Их предварительно осаждают, добавляя в буферный раствор сульфат серебра в соответствующей концентрации [2,3]. Изменения концентраций неорганических форм азота для эпилимниона и гипolimниона Можайского водохранилища от его верховья (станция 1) до нижней более глубокой части (станция 17) представлены на рис. 4 и 5. Отбор проб и определение соответствующих гидрохимических параметров проводили студенты географического факультета МГУ во время практики в июне 2017 г.

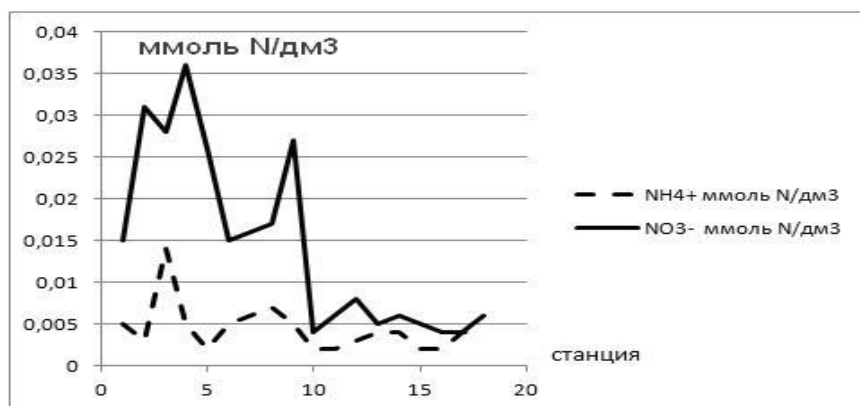


Рис. 4. Катион аммония и нитраты в эпилимнионе Можайского водохранилища.

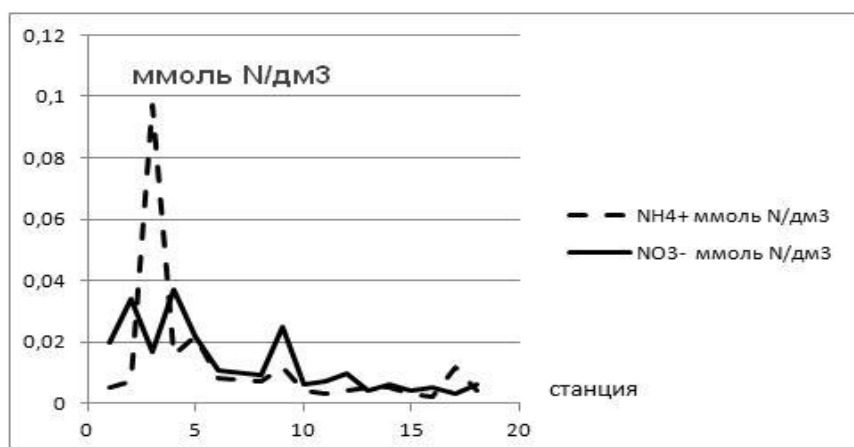


Рис. 5. Катион аммония и нитраты в гипolimнионе Можайского водохранилища.

Для эпилимниона характерно преобладание нитратной окисленной формы азота, для гипolimниона – восстановленной аммонийной формы азота. Наибольшее содержание аммонийных форм азота характерно для более мелководных эвтрофированных вод верхней части водохранилища.

Использование сульфидного ионоселективного электрода для определения концентрации сероводорода и сульфидов в природных водах в настоящее время являет-

ся наиболее удобным и точным методом определения [4]. Например, в ряде прибрежных водоемов Кандалакшского залива Белого моря существует меромиксия (устойчивая вертикальная стратификация). Нижний слой в таких озерах – сероводородный, часто сильно минерализованный. Это не перемешиваемый мониминион, находящийся в гипolimнионе, со стабильным процессом сульфатредукции и высоким содержанием сероводорода, сульфидов и полисульфидов. Для определения вертикальной стратификации в таких водоемах и определения зон, пограничных геохимическому барьеру, необходимы высокочувствительные методы, позволяющие *in situ* на берегу или в прибрежной лаборатории сразу после отбора проб определять концентрацию S^{2-} аниона. Такое вертикальное распределение для S^{2-} для озера Большие Хрусломены (о. Олений) представлено на рис.6. В зимний период, когда озеро находится подо льдом, сульфидный слой расположен несколько выше, чем летом. С увеличением концентрации S^{2-} , pH уменьшается. Зимой pH немного меньше, чем летом.

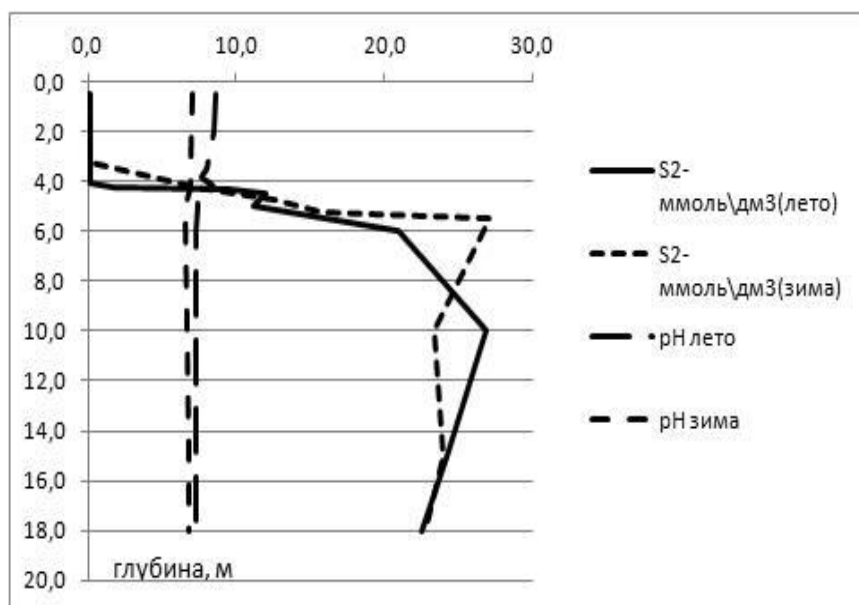


Рис. 6. Сульфиды и pH зимой и летом (оз. Большие Хрусломены).

Выводы. В пресных и ультрапресных водах для мониторинговых исследований наиболее эффективны ионоселективные электроды для точного определения Cl^- , F^- , NO_3^- , NH_4^+ , K^+ , Na^+ и pH.

Для пресных и морских вод определение S^{2-} при помощи ионоселективного электрода является наиболее точным, позволяющим определить все сульфиды и полисульфиды, растворенные в воде.

Ионометрический метод анализа с использованием ионоселективных электродов для мониторинга качества природных вод позволяет оперативно и точно проводить измерения как *in situ*, так и в лаборатории.

Исследования были выполнены в рамках работ по НИР «Теория и практика рационального природопользования для устойчивого развития территорий»

Список литературы:

1. Никольский Б.П. Ионоселективные электроды / Никольский Б.П., Матерова Е.А. – Л.: Химия, 1980 г. - 240 с.
2. Зайцев Н.К. Эконикс-Эксперт. Сборник методик. / Зайцев Н.К., Юрицын В.В., Шорин С.В., Павлюк А.В. - М., 2005 г. – 127 с. <http://www.ionomer.ru>
3. Бадюков Д.Д. Некоторые гидрохимические параметры качества воды Можайского водохранилища / Бадюков Д.Д., Горшкова О.М., Белова С.Л., Чевель К.А. // Изучение биосферы и окружающей среды / серия: Ecological Studies, Hazards,

Solutions. Volume 24. М.: МАКС Пресс, 2017. — МАКС Пресс Москва, 2017. — С. 47–53.

4. Горшкова О.М. Гидрохимические исследования прибрежных меромиктических озер / Горшкова О.М., Чернова И.А., Жильцова А.А., Краснова Е.Д., Пацаева С.В. // Труды VI Международной научно-практической конференции "Морские исследования и образование (MARESEDU – 2017)". — ПолиПРЕСС Тверь, 2017. — С. 705–709.

THE USE OF ION-SELECTIVE ELECTRODES IN MONITORING OF NATURAL WATERS

N.K. Zaitsev¹, O.M. Gorshkova², S.V. Shorin³, K.A. Chevel²

¹ *Department of energy technologies, systems and installations, Lomonosov Moscow State University of Fine Chemical Technologies, Moscow, 119571, Russia, e-mail: nk_zaytsev@mail.ru*

² *Faculty of geography, Lomonosov Moscow state University, Moscow, 119991, Russia, e-mail: gorshk@yandex.ru, alp kira@mail.ru*

³ *ООО "Ekoniks-Expert", Moscow, 108811, Russia, e-mail: sshorin@mail.ru*

Abstract

The paper presents some results of monitoring studies of Cl⁻, F⁻, S²⁻, NO₃⁻, NH₄⁺, K⁺, Na⁺ and pH in river and lake waters, conducted to study the sources of their pollution and the dynamics of changes in water quality.

О СОЗДАНИИ ПОЛИГОНА НОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ В КРЫМУ

**В.М. Зайченко¹, В.В. Кувшинов², Н.В. Лямина²,
А.А. Чернявский³, Б.А. Якимович²**

¹ФГБУН «Объединенный институт высоких температур РАН», г. Москва, Россия,
e-mail: zaitch@oivtran.ru;

²ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», Институт
ядерной энергии и промышленности, г. Севастополь, Россия,
e-mail: kuvshinov.vladimir@gmail.com, burmistrovan@mail.ru; yakimovich52@gmail.com

³ОАО «Институт Ростовтеплоэлектропроект», г. Ростов-на-Дону, Россия,
e-mail: info@rotep.ru

В Крыму имеется уникальное сочетание многих природных факторов, позволяющих покрыть практически все потребности в электрической и тепловой энергии за счет применения новых энергетических технологий – преимущественно на базе использования энергии солнца, ветра, биомассы, низко потенциального тепла, запасенного в водах Черного и Азовского морей, за счет других возобновляемых источников энергии (ВИЭ).

В настоящее время во всем мире наблюдается стремительный рост и развитие индустрии и технологий использования ВИЭ, обеспечивающих повышение энергоэффективности производства, а также экологический и социальный эффект.

Наиболее быстро использование ВИЭ развивается в Германии, Испании, Японии, США. В Германии поставлена задача к 2050 году обеспечить 80 % энергопотребления за счет ВИЭ. В Японии после аварий на АЭС «Фукусима» в марте 2011 года максимальное использование ВИЭ рассматривается как генеральное направление развития энергетики. К таким же решениям пришли и во многих европейских странах: отказ от развития тепловой и атомной энергетики здесь также сопровождается планированием предпочтительного использования ВИЭ.

В России имеется достаточно большой задел в части теоретических исследований в области ВИЭ, но в части экспериментальных исследований и практической реализации новых технических решений Россия существенно отстает от мирового уровня. Одной из весомых причин этого отставания является отсутствие экспериментальной базы для проведения крупномасштабных исследований систем на базе ВИЭ: сегодня в России нет ни одного полигона, который бы мог играть роль такой экспериментальной базы.

В этом свете неопределимый вклад для Российской Федерации может внести создание *Полигона новых энергетических технологий* при Севастопольском Государственном университете. Идея создания такого полигона именно в Севастополе возникла в процессе проведения в Севастопольском Государственном университете ежегодных конференций «Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность» при обмене мнениями между специалистами из разных ведомств и регионов России. Эту идею активно поддержали представители Севастопольского Государственного университета, Института высоких температур Российской академии наук (ОИВТ РАН), Москва, Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», Москва, Кубанского Государственного университета, г.Краснодар, Научно-исследовательского и проектно-изыскательского института «Ростовтеплоэлектропроект» (РоТЭП), Ростов-на-Дону, Компании «АЛЬЯНС-ВИЭ», Ростов-на-Дону и др.

Созданию предлагаемого Полигона при Севастопольском Госуниверситете будут весьма способствовать:

✓ наличие штата высококвалифицированных сотрудников и целого ряда перспективных разработок в области новых энергетических технологий в самом Севастопольском Государственном университете;

✓ наличие обширных научно-производственных связей Севастопольского Университета с учреждениями Российской академии наук, с российскими и зарубежными научно-исследовательскими и промышленными организациями и предприятиями;

✓ поддержка работ Севастопольского Госуниверситета и идеи создания полигона головной российской организацией в области энергетики – ОИВТ РАН, а также Генеральным проектировщиком энергетических объектов на Юге России – РотЭП;

✓ наличие весьма удовлетворительных климато-актинометрических условий в районе Севастополя, обеспечивающая возможность создания эффективных крупномасштабных экспериментальных и опытных установок в составе Полигона;

✓ наличие первостепенных задач обеспечения электрической и тепловой энергией самого Севастополя и Республики Крым.

Создание Полигона позволит ответить на ряд текущих вопросов для решения энергетических проблем в Севастополе и в Республике Крым, главными из которых являются следующие:

- отсутствие источников сырья и значительных запасов полезных ископаемых (помимо строительных материалов);

- высокая степень дифференциации муниципальных образований по уровню экономического развития;

- предельные нагрузки на транспортную и энергетическую инфраструктуры во многих районах Республики;

- высокий по отношению к соседним областям уровень инвестиционных издержек на приобретение земли, на присоединение к инженерным коммуникациям;

- постепенным возрастанием дефицита по электрической энергии.

Основными целями создания такого Полигона являются:

- обеспечение возможности выполнения экспериментальных исследований в натуральных условиях Крыма для реализации результатов теоретических исследований Севастопольского Государственного университета, институтов Российской Академии наук и отраслевых институтов различных сфер хозяйства в РФ;

- попутное обеспечение возможности надежного энергоснабжения дешевой электрической и тепловой энергией ближайших потребителей за счет постоянно действующих энергетических установок Полигона;

- отработка эффективных технических решений с использованием ВИЭ для последующего их тиражирования в системах энергообеспечения предприятий, зданий, сооружений, поселков в различных районах Российской Федерации;

- обеспечение возможности обучения персонала для строящихся энергетических объектов с использованием новых энергетических технологий;

- обеспечение возможности прохождения практики для студентов учебных заведений России, проходящих обучение по темам, связанным с энергетической тематикой;

- обеспечение возможности выполнения экспериментальных исследований аспирантами учебных и научно-исследовательских институтов для подтверждения достоверности результатов их теоретических разработок.

На Полигоне Севастопольского Государственного университета впервые в России могут быть созданы комбинации опытных установок, позволяющие выполнить крупномасштабные исследования комбинированных систем. Это позволит обосновать новую перспективу развития энергетики в стране с отказом уже в ближайшие годы от строительства новых тепловых и атомных электростанций и переходом на массовое и эффективное использование новых энергетических технологий. Важно, что Полигон позволит выполнить изучение возможностей новой энергетики именно в реальных природных условиях.

Социально-экономические проблемы в Республике Крым и в Севастополе достаточно хорошо моделируются и для Российской Федерации в целом. Поэтому и результаты исследований новых энергетических технологий на Полигоне в Севастополе будут применимы, с некоторыми корректировками, и для планирования развития энергетики в стране в целом. Таким образом, создание Полигона ВИЭ в Севастополе даст возможность решить многие энергетические и научно-технические проблемы с определенным приближением для всей Российской Федерации.

По предварительной оценке института «Ростовтеплоэлектропроект» Полигон новых энергетических технологий при Севастопольском Государственном университете сможет функционировать на основе самокупаемости: все инвестиции, вкладываемые в создание Полигона, будут возвращены инвестору, после чего инвестор в течение многих лет сможет еще и получать многомиллионные прибыли.

На Полигоне можно, с учетом регламентирования капитальных вложений на уровне 200...220 млн.руб., (структура инвестиций в сооружение первой очереди Полигона приведена на рис. 2) рекомендовать к сооружению следующие экспериментальные и опытно-промышленные *установки и станции генерации и аккумулирования электрической и тепловой энергии.*

➤ Солнечная фотоэлектрическая станция установленной электрической мощностью 500кВт с использованием эффективных и недорогих фотоэлектрических модулей отечественного производства – компании SUNWEYS, г. Зеленоград Московской области или их аналогов.

➤ Ветроэлектрическая установка номинальной мощностью 500 кВт. Такая установка может состоять, например, из десяти отечественных ветроэлектрических агрегатов типа «КОНДОР» номинальной мощностью по 50 кВт.

➤ Установка конверсии биомассы в электрическую и тепловую энергию по технологии ОИВТ РАН номинальной электрической мощностью 300 кВт с получением промежуточного энергоносителя – чистого и высококалорийного синтез-газа.

➤ Система водородного аккумулирования электрической энергии, состоящая из электролизеров суммарной производительностью по водороду до 50 Нм³/ч, водородных компрессоров, создающих давление 3...5 МПа, группы водородных ресиверов емкостью по 30...50 м³, газопоршневой установки номинальной мощностью 400 кВт с газопоршневыми агрегатами, модернизированными по методике ОИВТ РАН для работы на водороде. Все указанное оборудование может быть российской поставки.

➤ Установка хранения водорода в губчатых интерметаллических соединениях емкостью 100 нм³.

➤ Установка аккумулирования электрической энергии с использованием новых типов электрохимических аккумуляторов: воздушно-цинковых, редокс-ванадиевых (с проточным электролитом) и т.п. Объем запасаемой энергии должен составлять не менее 3...5 МВтч.

➤ Солнечная установка горячего водоснабжения мощностью 200 кВт. На установке могут использоваться плоские и трубчатые солнечные коллекторы отечественного или зарубежного производства, размещаемые на земле и крышах соответствующих зданий.

➤ Теплонасосная станция установленной тепловой мощностью 200...300 кВт с использованием теплонасосных установок класса «вода – вода», «грунт – вода», «воздух – вода», «воздух – воздух». Эта станция предназначена для частичного покрытия отопительных нагрузок полигона и ближайших коммунальных потребителей.

➤ Система аккумулирования тепловой энергии емкостью до 2 Гкал с использованием незамерзающих, нетоксичных и негорючих теплоносителей.

➤ Автономные солнечные светодиодные светильники наружного освещения территории полигона.

Целесообразно в состав полигона включить также опытный цех или участок для

изготовления и испытания специальных технологических узлов, малых экспериментальных установок, позволяющих производить исследование работоспособности концептуально новых разрабатываемых конструкций. Одним из направлений таких разработок может стать создание и экспериментальная отработка систем автономного энергообеспечения для предприятий морского флота России.

Представленный здесь набор установок для получения и аккумулирования тепловой и электрической энергии позволит осуществить гарантированное энергоснабжение потребителей первой категории в ближайшем окружении – коммунальной сферы или промышленных предприятий.

На перспективу, в качестве второй очереди строительства предлагается предусмотреть сооружение:

- установки гидроаккумулирования с малой гидротурбинной электростанцией номинальной мощностью 50...100 кВт, прудом-накопителем емкостью 10...20 тыс. м³, насосной установкой производительностью 500...1000 м³/ч;
- установки с электрохимическими генераторами на базе водородных топливных элементов мощностью 100...200 кВт;
- установки беспламенного окисления водорода с каталитическими теплогенераторами суммарной мощностью 200 кВт.

На Полигоне потребуется сооружение технологического главного корпуса. Размещение учебных аудиторий и исследовательских лабораторий Полигона целесообразно сосредоточить в отдельном корпусе, как показано на рис.1.



Рис.1. Общий вид одного из возможных вариантов Полигона.

Слева – учебно-лабораторный корпус, справа – главный технологический корпус, в центре – корпус с оборудованием для аккумулирования электрической энергии, права, за главным корпусом – поля солнечных модулей.

Выбор площадки для Полигона, который будет произведен при подготовке обоснования инвестиций в строительство, определит возможности размещения оборудования с соответствующим уточнением требуемой мощности отдельных установок.

Предварительная оценка сметной стоимости строительства выявила необходимую структуру затрат на сооружение первой очереди Полигона (рис.2).

В части коммерческой эффективности Полигона можно, по результатам предварительной оценки, отметить следующее.

- Себестоимость получаемой на Полигоне электрической энергии составит 1,5...1,7 руб./кВтч, тепловой энергии – 1,3...1,5 тыс. руб./Гкал. Это существенно ниже существующих тарифов при централизованном энергоснабжении, а также при

получении энергии другими способами, например, с помощью дизель-генераторных установок.

• Удельные капитальные вложения на 1 кВт установленной мощности составляют, даже с учетом затрат на НИОКР в обоснование создания Полигона, не более 1300 €/кВт. Это значение намного меньше сегодняшних удельных затрат на сооружение традиционных источников энергии с использованием тепловых и атомных технологий.

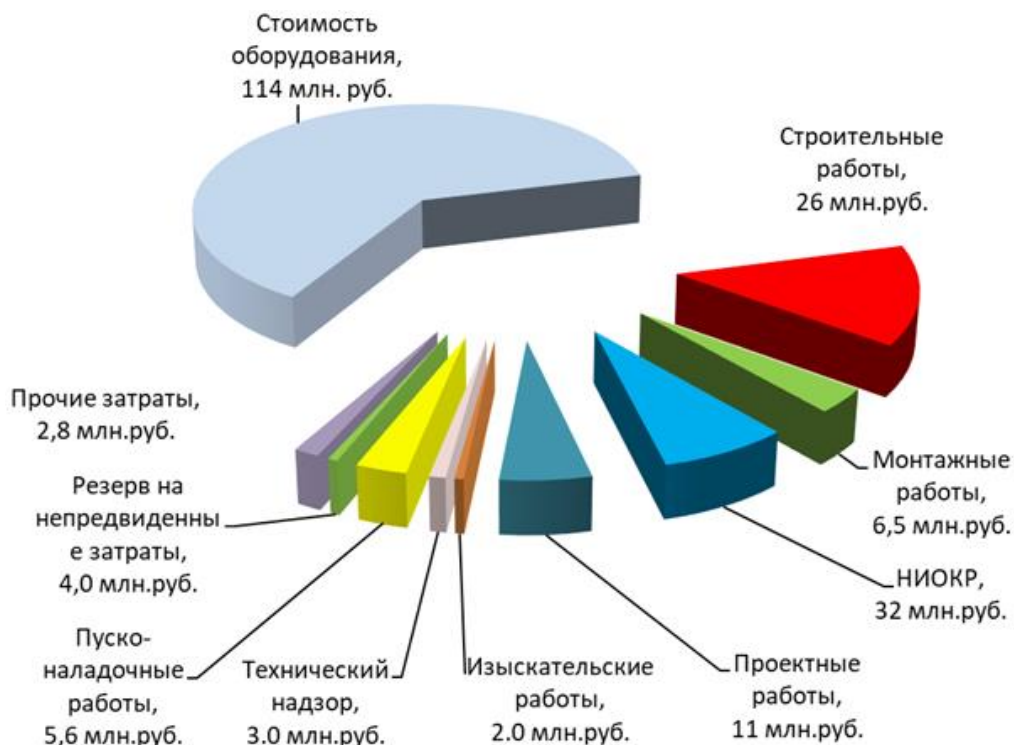


Рис.2. Структура инвестиций в сооружение первой очереди Полигона

Отметим, что создание Полигона соответствует Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации, Энергетической Стратегии России, задачам реализации Парижского соглашения и конвенции ООН об изменении климата, целям Федерального Закона РФ об энергосбережении, основным направлениям государственной политики России в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики.

ABOUT THE CREATION OF NEW POWER TECHNOLOGIES GROUND IN THE CRIMEA

V.M. Zaychenko¹, V.V. Kuvshinov², N.V. Lyamina², A. A. Chernyavskiy³,
B.A. Yakimovich²

¹Joint institute of high temperatures of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia, e-mail: zaitch@oivtran.ru;

²Sevastopol State University, Institute of Nuclear Energy and Industry, Sevastopol, Russia, e-mail: kuvshinov.vladimir@gmail.com, burmistrovan@mail.ru, yakimovich52@gmail.com

³Rostovteploelectroproyekt institute, Rostov-on-Don, Russia, e-mail: info@rotep.ru

Abstract

In the report need of urgent creation of the ground of new power technologies in Russia is noted. Justification of a construction of such ground in Sevastopol - is given at the Sevastopol state university. The complex of power installations for introduction on the Ground is offered. The approximate assessment of the required costs of creation of the ground and the expected commercial effectiveness are given.

ПОВЕДЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В СОСТАВЕ ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД ПРИ ПИРОЛИТИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ

В.М. Зайченко, О.М. Ларина

ОИВТ РАН, Москва, 125412, Россия, e-mail: olga.m.larina@gmail.com

Проблема переработки осадка сточных вод (ОСВ) является одной из основных в настоящее время, если говорить об улучшении окружающей экологической обстановки. И существует она не только в России. Так в странах Европы действует Директива 2008/98/ЕС Европейского парламента, согласно которой методам переработки и утилизации ОСВ должно отдаваться предпочтение по сравнению с захоронением [1]. В России необходимость в развитии технологий переработки такого вида отходов на законодательном уровне не закреплена, но в связи со сложившейся ситуацией очевидно, что вопросу использования органических отходов в качестве вторичных энергоресурсов должно уделяться первостепенное внимание [2].

В настоящее время существует способ двухстадийной термической конверсии осадка в синтез-газ, в основе которой лежит пиролиз осадка с последующим термическим крекингом летучих продуктов в инертной или реакционной среде [3]. Основным продуктом такой технологии является синтез-газ, основное применение для которого – получения тепловой или электрической энергии, а также синтез биометанола [4, 5]. Побочным продуктом является твердый остаток, составляющий 38 % от массы исходного осадка, имеющий низшую теплоту равную 13,5 МДж/кг и зольность 58,3 %. С такими характеристиками основным вариантом его дальнейшего использования является захоронение.

ОСВ характеризуется присутствием в его составе различного рода загрязнителей, среди которых выделяются тяжелые металлы (Таблица 1).

Таблица 1

Валовое содержание тяжелых металлов в составе ОСВ
Подольских очистных сооружений

Металл	Результат, мг/кг		ПДК, мг/кг	ОДК, мг/кг	Фоновое значение, мг/кг
	значение	погрешность			
Медь	160	40	--	33-132	--
Марганец	120	29	1500	--	--
Кадмий	0,64	0,29	--	0,5-2	--
Кобальт	1,7	0,7	--	--	3-15
Никель	28,1	9,6	--	20-80	--
Свинец	16,2	5,8	32	--	--
Цинк	890	230	--	35-220	--

В России Министерство природных ресурсов и экологии контролирует валовое содержание девяти тяжелых металлов в почве – для V, Mn, Pb, Cd, Cu, Ni, Zn, Co, Cr. Для V, Mn, Pb установлены предельно-допустимые концентрации (ПДК), для Cd, Cu, Ni, Zn – ориентировочно-допустимые концентрации (ОДК), для Co, Cr нормативов нет, поэтому степень загрязнения почвы оценивается, как четырехкратное превышение фонового значения. ГОСТ 17.4.1.02 – 83 «Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения» делит металлы по классам опасности для состо-

нения почвы. К самому опасному классу (первому) относят кадмий, свинец, цинк; ко второму классу относится кобальт, никель и медь; к третьему – марганец.

В данной работе был проведен ряд исследований, направленных на определение поведения тяжелых металлов при двухстадийной термической конверсии осадка в синтез-газ. Было определено валовое содержание, а также рассчитан класс опасности исходного ОСВ и твердого остатка от пиролиза по содержанию в нем тяжелых металлов.

Для исследования поведения тяжелых металлов в процессе пиролиза были отобраны пробы исходного осадка и твердого остатка от пиролиза при температуре 800°C. Анализ проб на валовое содержание тяжелых металлов проводился в Испытательном центре контроля качества воды, почв, осадков при МУП «Водоканал» г. Подольск. Результаты анализов представлены в таблице 2. Кроме того, был выполнен расчет валового содержания тяжелых металлов в твердом остатке от пиролиза исходя из предположения, что металлы не испаряются из ОСВ при его нагреве.

Таблица 2

Валовое содержание тяжелых металлов в составе твердого остатка от пиролиза при 800°C (фактическое и расчетное)

Металл	Результаты анализов, мг/кг		Результаты расчета, мг/кг
	значение	погрешность	значение
Медь	380	95	432,4
Марганец	310	77,5	324,3
Кадмий	<0,5	-	1,7
Кобальт	5,55	2,33	4,6
Никель	94,5	24,57	75,9
Свинец	46	16,56	43,8
Цинк	1950	507	2405,4

Для твердого остатка от пиролиза ОСВ при температуре 800 °С расчетные значения содержания меди, марганца, кобальта, никеля, свинца в твердом остатке совпадают с фактическими значениями в пределах погрешности. Расчетное содержание цинка находится на границе погрешности экспериментального значения, что говорит о его возможном частичном испарении. Фактическое содержание кадмия в твердом остатке от пиролиза значительно меньше расчетного. Из чего можно сделать вывод, что кадмий испаряется при нагреве или выносится пиролизными газами. К легкоплавким металлам относятся кадмий, свинец и цинк (температура плавления ниже 420 °С [6]). В то же время температура кипения для цинка и свинца (906 и 1737 °С, соответственно [6]) выше, чем температура пиролиза – 800 °С. Свинец, температура кипения которого намного превышает температуру пиролиза, согласно результатам анализа, полностью остался в твердом остатке от пиролиза. Температура плавления цинка меньше, а температура его кипения выше, чем температуры пиролиза. Расположение расчетного значения содержания цинка на границе погрешности экспериментального значения может свидетельствовать о том, что процесс его испарения недостаточно интенсивен и основная доля цинка остается в твердом остатке. Температуры плавления и кипения для кадмия ниже 800 °С, что приводит к испарению из ОСВ значительной части этого металла в процессе пиролиза. Результаты работы [7] также подтверждают факт выхода кадмия при пиролизе ОСВ, причем температура начала его испарения ниже 600 °С. Таким образом, при пиролизе ОСВ до температуры 800 °С в составе твердого остатка остаются все тяжелые металлы, кроме кадмия.

Класс опасности отходов устанавливается по степени их возможного вредного воздействия на окружающую природную среду. Всего существует 5 классов опасности, в которых первый класс – это чрезвычайно опасные отходы, при их внесении в землю экологическая система нарушается необратимо. Пятый класс – практически не опасные отходы, экологическая система при их внесении в почву практически не страдает. Расчет класса опасности проводился согласно методике, описанной в [8].

Класс опасности отхода характеризуется показателем степени опасности отхода для окружающей среды. Значение показателя степени опасности отхода K рассчитывается, как сумма показателей степени опасности отдельных компонентов отхода K_i . Показатель степени опасности отдельного компонента отхода K_i рассчитывается как отношение валового содержания компонента отхода к коэффициенту степени опасности компонента в отходе W_i (мг/кг). Величина W_i для исследуемых металлов берется из литературных источников. Показатели степени опасности компонента отхода и отхода в целом представлены в таблице 3.

Таблица 3

Коэффициент степени опасности компонента в отходе W_i , показатели степени опасности компонента отхода K_i и отхода в целом K

Металл/ K	W_i , мг/кг	Исходные ОСВ	ОСВ после пиролиза до 800 °С
		K_i	K_i
Медь	358,90	0,45	1,06
Марганец	537,00	0,22	0,58
Кадмий	26,90	0,02	0,02*
Кобальт	--	--	--
Никель	128,80	0,22	0,73
Свинец	33,10	0,49	1,39
Цинк	463,40	1,92	4,21
K		3,80	8,54

С увеличением потери массы возрастает показатель степени опасности как компонента отхода, так и отхода в целом. Для отнесения отхода к пятому классу опасности необходимо, чтобы значение показателя степени опасности отхода было менее 10 (рисунок 1) [8].

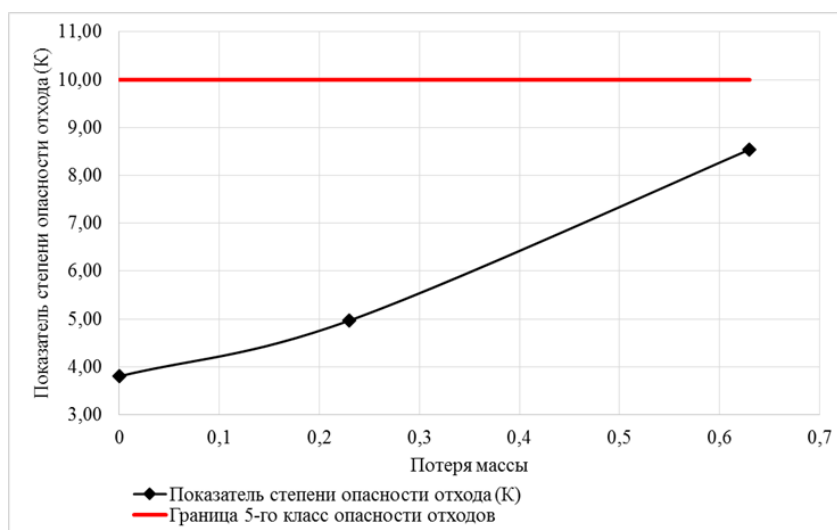


Рис. 1. Зависимость показателя степени опасности отхода от потери массы при пиролизе ОСВ (потеря массы при температуре пиролиза 800 °С составляет 0,63)

Даже при максимальной потере массы, соответствующей температуре пиролиза 800 °С, твердый остаток представляет собой отход пятого класса опасности (согласно экспериментального метода).

Таким образом, твердый углерод, содержащий остаток, образующийся при пиролизе ОСВ до 800°С, представляет из себя отход пятого класса опасности, содержащий внутри себя все контролируемые Министерством природных ресурсов и экологии России тяжелые металлы кроме кадмия. Чтобы снизить количество улетающего кадмия из ОСВ при пиролизе следует уменьшить температуру процесса до 500 °С.

Эта работа была выполнена при финансовой поддержке Фонда содействия инновациям, соглашение № 2766ГС1/43144 от 25.10.2018 г.

Список литературы:

1. Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council // Official Journal of the European Union. – 2008. – Vol. 312. – P. 3-30.
2. Беляева, С.Д. Новые национальные стандарты по использованию и размещению осадков сточных вод / С.Д. Беляева, Е.В. Короткова // Водоснабжение и санитарная техника. – 2013. – № 4. – С. 5-9.
3. Larina O.M. Thermal cracking in charcoal and ceramics of pyrolysis liquid from sewage sludge / O.M. Larina, V.M. Zaichenko // Journal of Physics: Conf. Series. – 2018. – 946. – 012034.
4. Larina O. M. The Partial Replacement of Diesel Fuel in Hot Water Boiler with Syngas Obtained by Thermal Conversion of Wood Waste / O.M. Larina, V.A. Lavrenov, V.M. Zaichenko // Proceedings of the Scientific-Practical Conference "Research and Development. – 2016. – P. 165-170.
5. Lishchiner I.I. Obtaining main components of liquid motor fuels from sewage sludge / I.I. Lishchiner, O.M. Larina, , O.V. Malova, V.M. Zaichenko // Proceedings of the 26th European Biomass Conference and Exhibition EUBCE-2018. – 2018. – P. 1051-1056.
6. Гемпел, К.А. Справочник по редким металлам / К.А. Гемпел. – М.: Рипол Классик, 2013. – 940 с.
7. Stammbach, M.R. Pyrolysis of sewage sludge in a fluidized bed / M.R. Stammbach, B. Kraaz, R. Hagenbucher, W. Richarz // Energy Fuels. –1989. – Vol. 3. – P. 255–259.
8. Приказ Министерства природных ресурсов РФ от 15 июня 2001 г. № 511 "Об утверждении Критериев отнесения опасных отходов к классу опасности для окружающей природной среды". – 2011.

BEHAVIOR OF HEAVY METALS IN COMPOSITION OF SEWAGE SLUDGE DURING PYROLYSYS

V.M. Zaichenko, O.M. Larina

JIHT RAS, Moscow, 125412, Russia, e-mail: olga.m.larina@gmail.com

Abstract

The solid residue after pyrolysis of sewage sludge to 800 °С is about 40% by weight of the feedstock and has an ash content of 58.2 % on dry state. With this amount of ash, the use of solid residue for energy purposes is not appropriate. Such material is subject to disposal. This paper presents the results of researches of the pyrolysis condition effects on the behavior of heavy metals in the composition of sewage sludge. The total content of heavy metals in the composition of the sewage sludge and the solid residue after pyrolysis are determined. The hazard class of sewage sludge and the solid residue according to the content of heavy metals is calculated.

ИЗМЕНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОДУКТОВ ТОРРЕФИКАЦИИ ПОМЕТНО-ПОДСТИЛОЧНОЙ МАССЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРОЦЕССА

В.М. Зайченко, О.М. Ларина, Я.Д. Пудова

*Объединенный институт высоких температур Российской академии наук
(ОИВТ РАН), г. Москва, 125412, Россия, e-mail: pudova.y.d@mail.ru*

Особое внимание заслуживает проблема переработки отходов птицефабрик, основную долю которых составляет куриный помет. В среднем птицефабрика производит до 300 тонн помета в сутки [1]. Своевременное принятие принудительно-предупредительных мер по утилизации этих отходов привело к тому, что многие птицефабрики, размещающиеся около крупных городов и поселков, стали оказывать негативное действие на санитарно-экологическое состояние окружающей природной среды. Стало происходить заметное загрязнение прилегающих к птицефабрикам рельефа почв, водоемов, лесов и пастбищ. В конечном итоге наносится серьезный экономический, экологический и социальный ущерб не только сельскохозяйственным землям, но и жителям близлежащих населенных пунктов. Таким образом, большая часть органического сырья не перерабатывается, накапливается вблизи птицефабрик, образуя «пометные озера» без признаков жизни флоры и фауны. Птичий помет, как удобрение теряет свои ценные удобрительные свойства и представляет постоянную угрозу экологическому благополучию населению и соседним хозяйствам [1].

В зависимости от способа содержания птиц куриный помет может быть как чистым, так и смешанный с подстилочной массой, состоящей из древесных опилок, торфа, лузги подсолнечника, соломы и других органических материалов [2].

Согласно исследованиям, результаты которых представлены в [3], в пометно-подстилочной массе (ППМ) содержится значительный энергопотенциал. Теплота ее сгорания на сухую массу составляет 16 МДж/кг, что сопоставимо с теплотой сгорания древесины [4]. Однако ППМ имеет влажность порядка 30 % [5], а за счет патогенной микрофлоры и высокую бактериальную зараженность.

Возможным способом устранения этих проблем, а также повышения топливных характеристик пометной массы, является термохимическая конверсия. Менее энергозатратным по сравнению с другими термическими методами переработки и легкодоступным с точки зрения оборудования и условий проведения методом термохимической конверсии является торрефикация [6]. Торрефикация – это разновидность пиролиза, протекающая при низких температурах (200-300 °С) и темпах нагрева (менее 50 °С/мин) [6], [7]. Торрефикация направлена на изменение теплотехнических характеристик биомассы в сторону биоугля. На примере древесной биомассы можно утверждать, что данный процесс положительно сказывается на топливных свойствах биомассы: улучшает её гидрофобные свойства и повышает теплоту сгорания [8].

В данной статье рассматривается влияние температурных режимов торрефикации на характеристики отходов птицефабрик. В качестве исходного сырья используется ППМ в виде пеллет, состоящая из куриного помета и древесных опилок.

Экспериментальное исследование проводилось на лабораторном стенде, максимальная вместимость исходного материала которого составляет 200 г. Для проведения экспериментов пеллеты подвергались сушке до относительной влажности не более 1%. В результате термохимической конверсии при росте температуры из сырья выходят летучие компоненты, представляющие собой парогазовую смесь из торрефикационной жидкости и неконденсируемых газов. В результате проведения экспе-

риментальных исследований образовывались следующие продукты: твердый остаток, неконденсируемые торрефикационные газы и торрефикационная жидкость.

Поскольку исходный материал и твердый торрефицированный остаток имеют одно агрегатное состояние, становится возможным сравнение их теплотехнических характеристик. На рис.1. приведена зависимость влияния температуры процесса на массовый выход продуктов торрефикации.

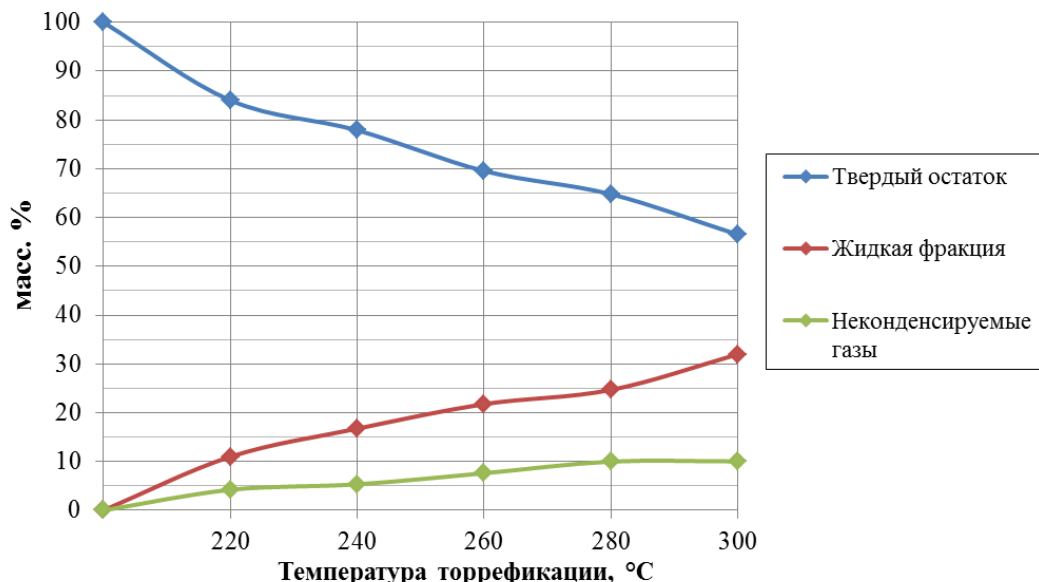


Рис. 1. Массовый выход продуктов торрефикации ППМ при разных температурных режимах

Можно отметить, что с ростом температуры процесса масса материала уменьшается на 44 % при 300 °С, в то время как выход жидких и газообразных продуктов растет. При температурах торрефикации более 280 °С наблюдается увеличение интенсивности выхода жидкой фракции и снижение выхода неконденсируемых газов.

Наиболее важной технической характеристикой является состав топлива. Топливо состоит из горючей массы и балласта. Основным составляющим горючей массы является углерод, кислород и водород, а балластом во всех видах вторичной биомассы в основном выступает минеральная часть. Именно эти характеристики имеют большее влияние на показание низшей теплоты сгорания [9]. На рис. 2А представлено изменение содержания углерода, кислорода, водорода и золы в зависимости от температуры торрефикации.

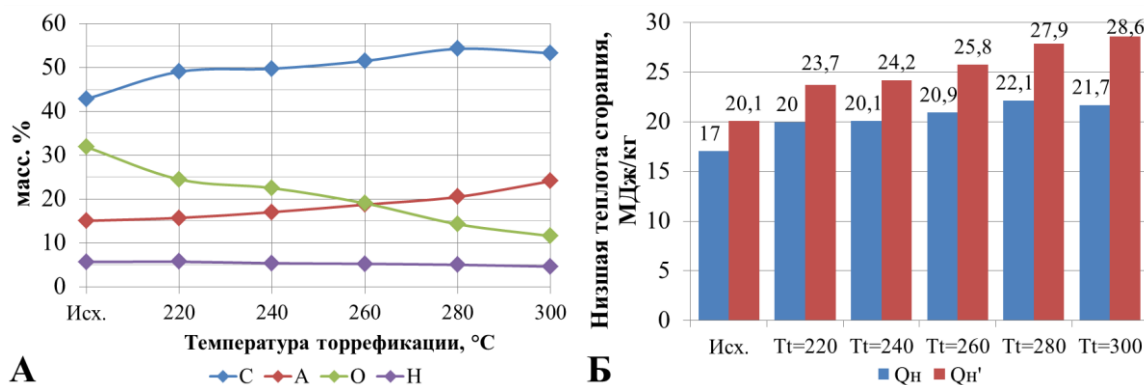


Рис. 2. Изменение элементного состава и низшей температуры сгорания в зависимости от температурного режима

Наиболее сильное влияние торрефикация оказывает на содержание кислорода. По сравнению с исходным материалом, торрефикат при температуре 300 °С содер-

жит более чем в 3 раза меньше кислорода, чем в исходной биомассе. Процентное содержание углерода увеличивается уже при минимальной температуре торрефикации – до 50 масс. %, а далее имеет тенденцию плавного роста и достигает максимума при температуре торрефикации 280 °С – 54 масс.%. Вместе с тем кривая, характеризующая рост зольности возрастает пропорционально падению массы ППМ. Зольность торрефицированной при 300 °С ППМ по сравнению с исходным материалом увеличивается в 1,5 раза. Остальные составляющие элементного состава – водород, сера и азот – суммарно составляют 10-11% и меняются при увеличении температуры торрефикации в пределах 0,3-1,6 %. На графике видно, что относительно прочих составляющих содержание в ППМ водорода меняется незначительно.

На рис. 2Б показаны изменения низшей теплоты сгорания на сухую массу (Q_n) и на сухую беззольную массу (Q_n') в зависимости от температуры процесса. Максимальная теплота сгорания на сухую массу наблюдается при температуре процесса 280 °С, что связано с максимальным содержанием углерода при данной температуре (рис. 2А). В то же время теплота сгорания на сухую беззольную массу продолжает расти с увеличением температуры. Таким образом, зольность исходного сырья играет решающую роль в изменении теплоты сгорания при протекании процесса торрефикации.

Снижение содержания углерода и низшей теплоты сгорания при температуре более 280 °С связано с тем, что начинается активный выход углерода в составе тяжелых углеводородных соединений вида $C_nH_mO_k$, входящих в состав торрефикационной жидкости. Данный факт подтверждает более интенсивный рост массового выхода жидкой фракции после 280 °С (рис.1).

В процессе экспериментального исследования измерялся удельный объемный выход и химический состав неконденсируемых торрефикационных газов. Полученные экспериментальные данные представлены на рис. 3 и в таблице 1.

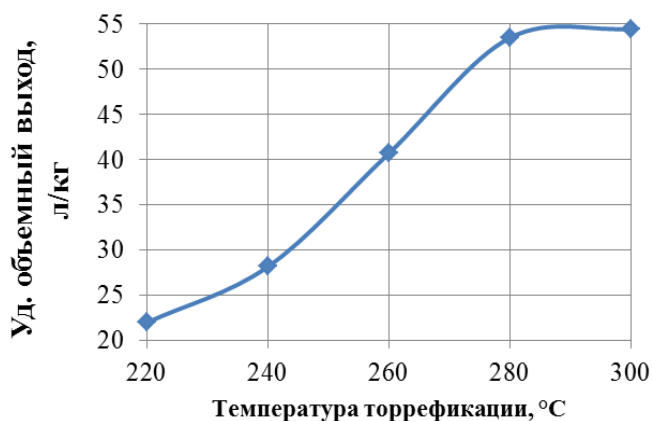


Рис. 3. Изменение удельного объемного выхода неконденсируемых торрефикационных газов в зависимости от температуры нагрева сырья

Очевидно, что удельный объемный выход неконденсируемых торрефикационных газов связан с массовым выходом. Поэтому при температуре более 280 °С, как и в случае массового выхода, наблюдается заметное снижение интенсивности роста удельного объемного выхода газов.

Характерной особенностью материала является то, что в составе торрефикационных газов содержатся серосодержащие соединения (SO_2 , H_2S). Их доля в смеси составляет менее 1,5 об.%. Это обуславливается содержанием серы в исходной ППМ. Так же в составе неконденсируемых газов наблюдается присутствие азотосодержащих соединений (менее 1 об.%). С увеличением температуры обработки на фоне снижения содержания углекислого газа наблюдается рост доли угарного газа и метана, за счет чего теплота сгорания смеси увеличивается почти в 3 раза – от 781 до

2178 кДж/м³. Данная величина является очень низкой, если рассматривать вариант использования такой газовой смеси в качестве топлива.

Таблица 1

Характеристики смеси неконденсированных торрефикационных газов

T _t	220°C	240°C	260°C	280°C	300°C
Состав (об. %)					
CO ₂	88.8	85.9	83.0	82.5	79.5
CO	8.7	11.5	14.4	14.9	17.8
CH ₄	0.4	0.6	1.0	1.1	1.4
NO	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2
NO ₂	0.9	0.8	0.6	0.6	0.5
SO ₂	0.6	0.5	0.4	0.4	0.3
H ₂ S	0.6	0.5	0.4	0.4	0.4
Итого:	100	100	100	100	100
Теплота сгорания, кДж/м ³	782	1248	1640	1722	2178

В результате изучения характеристик твердого и газообразного продуктов торрефикации можно сделать вывод, что оптимальным температурным режимом для ППМ является 280°C. Данный процесс положительно сказывается на теплотехнических характеристиках ППМ: содержание углерода увеличивается на 11,5 %, низшая теплота сгорания – на 30 %. Неконденсируемые торрефикационные газы, полученные при 280°C имеют удельный объемный выход равный 53 л/кг и низкую теплоту сгорания по причине большого содержания CO₂ в составе (79,5 об. %). Вследствие этого использование такой газовой смеси в энергетических целях нецелесообразно.

Эта работа была выполнена при поддержке Российского научного фонда, грант № 18-79-00286.

Список литературы:

1. Иванов В.В. Инновационная автоматизированная технология переработки куриного помета и устройство для ее реализации // Computational nanotechnology, 2016. – №2. – С.153-159.
2. Dalólio, F.S. Poultry litter as biomass energy: a review and future perspectives / Felipe Santos Dalólio et.al. // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2017. – Vol. 76. – P. 941–949.
3. Cem Kantarli, I. Conversion of poultry wastes into energy feedstocks / I. Cem Kantarli, A. Kabadayi, S. Ucar, J. Yanik // Waste Management. – 2016. – Vol. 56. – P. 530–539.
4. Козлов В.Н., Нимвицкий А.А. Технология пирогазетической переработки древесины: Учебник для хим.-технол. фак. лесотехн. и лесохоз. вузов. – Москва; Ленинград: Гослесбумиздат, 1954. – 620с.
5. He, B.J. Thermochemical conversion of swine manure: an alternative process for waste treatment and renewable energy production / B.J. He, Y. Zhang, T.L. Funk, G.L. Riskowski, Y. Yim // Trans ASAE. – 2000. – 46 – P.1827–1833.
6. Gent S., Twedt M., Gerometta C., Almborg E. Theoretical and applied aspects of biomass torrefaction – Butterworth-Heinemann, 2017. – 224 p.
7. Bergman P.C.A., Boersma A.R., Zwart R.W.H., Kiel J.H.A. Development of torrefaction biomass co-firing in existing coal-fired power stations Energy Research Centre of the Netherlands (2005) ECN Report ECN-C-05-013
8. Pradhana P., Mahajanib S.M., Arora A. Production and utilization of fuel pellets from biomass: A review // Fuel Processing Technology – 2018 – Vol. 181. – P. 215-232.

9. Куфтов А. Ф. Топливо и топливосжигающие устройства тепловых агрегатов общепромышленного назначения: учебное пособие; Московский гос. технический ун-т им. Н. Э. Баумана. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006. – 42 с.

**CHANGING THE FUEL CHARACTERISTICS OF THE PRODUCTS
OF TORREFACTION CHICKEN LITTER DEPENDING
ON THE TEMPERATURE OF TORREFACTION**

V.M Zaichenko, O.M. Larina, Ya.D. Pudova

*Joint Institute for High Temperatures of the Russian Academy of Sciences (JIHT RAS),
Moscow, 125412, Russia, e-mail: pudova.y.d@mail.ru*

Abstract

In the paper the effect of low-temperature pyrolysis (torrefaction) on bio-waste characteristics is investigated. A mixture of chicken manure and sawdust compressed in the form of pellets is used as the feedstock. Torrefaction products are solid residue, torrefaction liquid and non-condensable gases. The effect of torrefaction temperature on the mass yield of products was investigated. The results of the investigation of the elemental composition and calorific value of feedstock and torrefied material are presented. For gaseous products the composition, specific volume yield, and calorific value are studied.

УДК 620.952

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАБОТЫ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ УСТАНОВКИ ПО ТОРРЕФИКАЦИИ ГРАНУЛИРОВАННОЙ БИОМАССЫ

В.М. Зайченко; Г.А. Сычев

Объединенный институт высоких температур Российской академии наук
(ОИВТ РАН), Москва, 125412, Россия, e-mail: george.sytchev@gmail.com

В настоящее время наиболее популярным видом топлива из биомассы являются топливные гранулы, или пеллеты. Основным недостатком такого топливного продукта является высокая гигроскопичность, которая накладывает ряд жестких ограничений на условия транспортировки и хранения пеллет, практически исключая их контакт с окружающей средой. Несоблюдение описанных выше требований влечёт за собой значительное повышение влажности топлива (вплоть до его разрушения), а также снижение теплоты сгорания, что в совокупности делает топливо непригодным к дальнейшему использованию.

Торрефикация, наряду с иными способами улучшения потребительских свойств гранулированной биомассы, является наиболее высокотехнологичной и эффективной технологией предварительной подготовки твердого топлива. Помимо высоких теплотехнических характеристик торрефиката, важным обстоятельством является возможность создания значительных стратегических резервов такого местного топливного ресурса [1,2].

В ОИВТ РАН создан комплекс по торрефикации гранулированной биомассы, позволяющий осуществлять переработку исходного сырья в непрерывном режиме работы [3]. Настоящий доклад посвящен особенностям функционирования и автоматизации работы данного комплекса.

Пилотная установка состоит из следующих основных функциональных узлов: газопоршневой двигатель (ГПД), теплообменный аппарат, реактор торрефикации, дожигатель и тепловая пушка. Принципиальная схема комплекса представлена на рисунке 1.

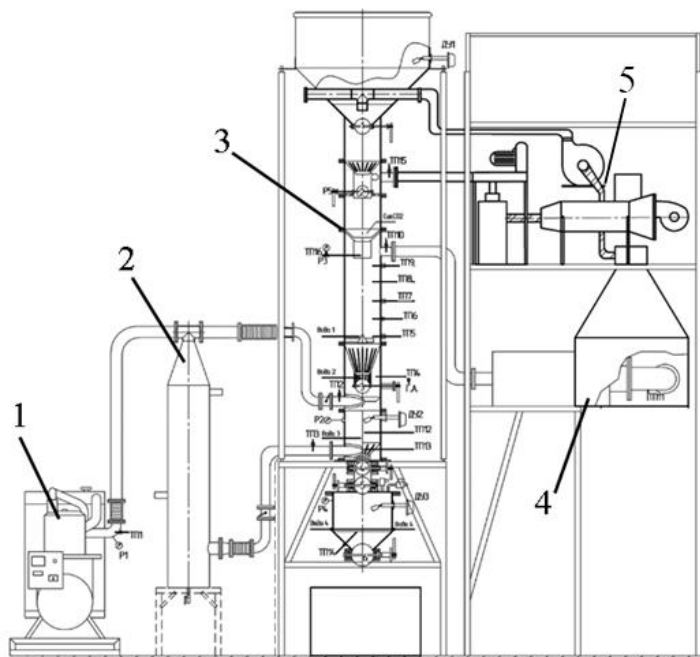


Рис.1. Схема комплекса по торрефикации гранулированной биомассы:
1 – ГПД, 2 – газовой теплообменник, 3 – реактор торрефикации,
4 – дожигатель, 5 – тепловая пушка

В рамках реализуемой технологии продукты сгорания (ПС) ГПД (рабочая мощность ~25кВт) используются в качестве источника инертной среды и как теплоноситель для осуществления процесса торрефикации. Температура ПС на выходе из ГПД составляет порядка 600 °С. Непосредственно после двигателя поток ПС разделяется на две части: первая часть (горячая) напрямую подается в зону смешения, а вторая поступает в теплообменный аппарат, где охлаждается до необходимой температуры.

Непосредственно перед входом теплоносителя в реактор торрефикации находится секция смешения и предварительного охлаждения, в которой для получения заданной температуры процесса осуществляется смешение горячих и холодных ПС, а также осуществляется предварительное охлаждение уже прошедших торрефикацию пеллет перед выгрузкой последних. Удержание постоянной температуры в зоне смешения обеспечивается автоматическим программируемым электронным регулятором, который согласно данным контрольной термопары варьирует расход горячего теплоносителя на входе в зону смешения путем вращения поворотной заслонки (см. рисунок 2).

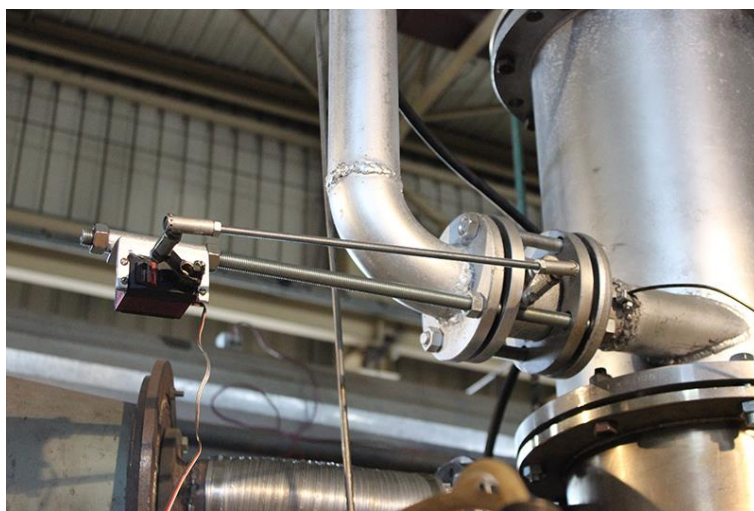


Рис.2. Автоматический регулятор смешения горячего и холодного теплоносителя

Также необходимым элементом автоматизации является комплекс, обеспечивающий движение обрабатываемого сырья: система поворотных заслонок, работающих в связке с термопарами и датчиками уровня (ДУ), и позволяющих контролировать все стадии термической переработки для обеспечения равномерности прогрева поступающего в реактор исходного сырья. ДУ расположены в загрузочном бункере, в зоне охлаждения реактора торрефикации, а также в бункере разгрузки. ДУ в бункере загрузки необходим для контроля оставшегося уровня необработанного сырья, а ДУ в зоне охлаждения и бункере разгрузки исключают переполнение и, как следствие, некорректное функционирование секций.

Поскольку термическая деструкция биомассы растительного происхождения в диапазоне температур торрефикации имеет по большей части экзотермический характер, необходимым условием корректной работы реактора является контроль рабочих температурных режимов для исключения локальных перегревов, способных привести к выводу из строя установки в целом [4]. В рамках реализуемой технологии критерием выгрузки обработанного сырья являлись показания термопары, расположенной в нижнем слое пеллет (Т5, рис.1).

На графике рисунка 3 представлено характерное температурное поле процесса торрефикации в непрерывном режиме.

Температура теплоносителя на входе задавалась равной 280 ± 5 °С и автоматически поддерживалась описанным ранее регулятором. При достижении температуры на термопаре Т5 значения в 285 ± 5 °С осуществлялся сгруз обработанного сырья в

зону предварительного охлаждения и затем в зону выгрузки. Для контроля характеристик получаемого топлива из каждого второго сгруза осуществлялся пробоотбор.

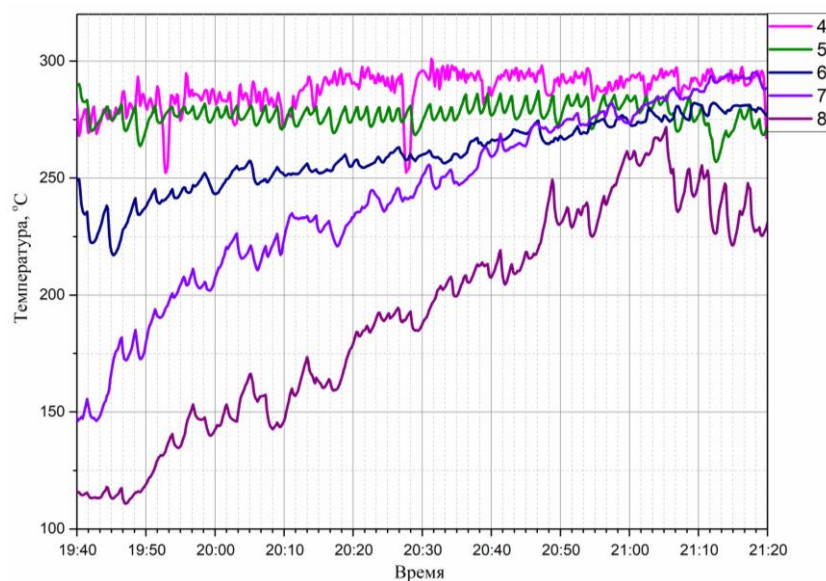


Рис.3. Распределение температур по высоте реактора торрефикации при непрерывном режиме работы

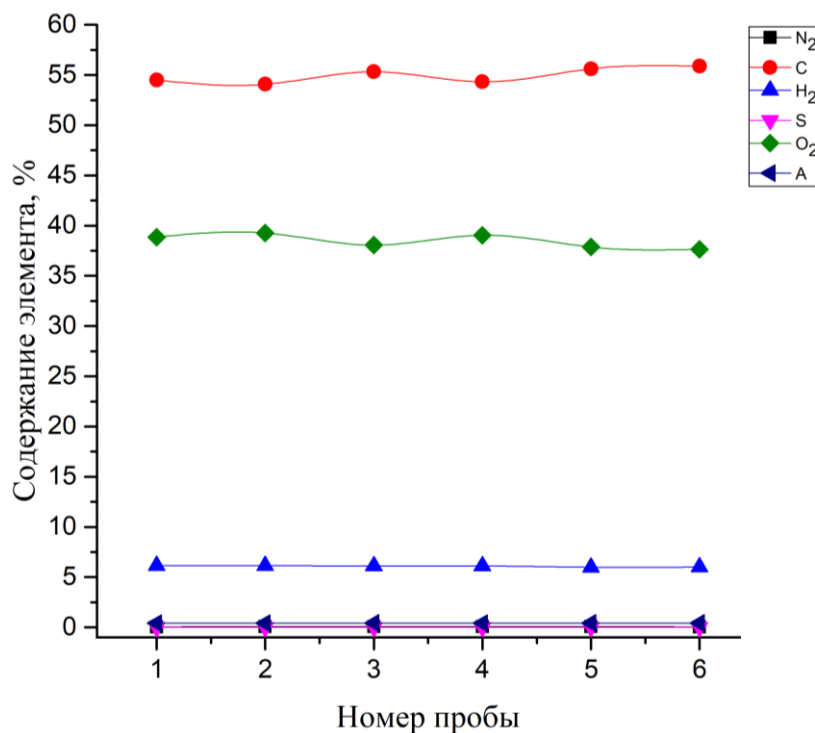


Рис.4. Измерение элементного состава контрольных проб в течение эксперимента

Таким образом, в результате работы установки в непрерывном режиме был получен однородный торрефицированный продукт с характерной низшей теплотой сгорания порядка 21 МДж/кг, в то время как идентичный показатель для исходного сырья не превышал значения в 18,5 МДж/кг.

Стоит отметить, что во многом благодаря частичной автоматизации процесса при функционировании комплекса по торрефикации в непрерывном режиме не возникло аварийных ситуаций, а также была достигнута хорошая сходимость результатов исследования характеристик конечного продукта. Использование полученных в

ОИВТ РАН технических решений в последствии может благоприятно влиять на промышленное освоение и внедрение процесса торрефикации.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-08-00865.

Список литературы:

1. Chen, W.H. A state-of-the-art review of biomass torrefaction, densification and applications / W.H. Chen, J. Peng, X.T. Bi // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. – 2015. – Vol. 44. – pp. 847-866
2. Van der Stelt, M.J.C. Biomass upgrading by torrefaction for the production of biofuels: a review / M.J.C. Van der Stelt, H. Gerhauser, J.H.A. Kiel, K.J. Ptasinski // *Biomass & Bioenergy*. – 2011. – Vol. 35. – pp. 3748–62.
3. Sytchev, G.A. Plant origin biomass torrefaction process. Investigation of exothermic process during torrefaction / G.A. Sytchev, V.M. Zaichenko // *European Biomass Conference and Exhibition Proceedings*. – 2018. – P. 1236-1239. DOI: 10.5071/26thEUBCE2018-3DV.6.15
4. Faleeva, J.M. Exothermic effect during torrefaction / J.M. Faleeva, V.A. Sinelshchikov, G.A. Sytchev, V.M. Zaichenko // *Journal of Physics: Conference Series*. – 2018. – Vol. 946. – № 1. – 012033. DOI: 10.1088/1742-6596/946/1/012033

AUTOMATION AND ASPECTS OF OPERATION OF GRANULATED BIOMASS TORREFACTION PILOT UNIT

V.M. Zaichenko, G.A. Sytchev

*Joint Institute for High Temperatures of the Russian Academy of Sciences (JIHT RAS),
Moscow, 125412, Russia, e-mail: george.sytchev@gmail.com*

Abstract

This paper presents the results of the biomass pilot unit operating in the continuous mode. The main characteristics of the torrefaction process are shown, and also the main components of the pilot unit are described. The characteristics of the obtained raw materials were studied, and the main aspects of the automation of the pilot unit were highlighted.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НЕУСТОЙЧИВЫХ РЕЖИМОВ ФИЛЬТРАЦИИ ГАЗОКОНДЕНСАТНЫХ СМЕСЕЙ

В.М. Зайченко, В.М. Торчинский

*Объединённый институт высоких температур РАН,
Москва, 125412, Россия, e-mail: torchvm@yandex.ru*

Введение. В настоящее время большое значение для развития топливно-энергетического комплекса страны приобретают малодебитные месторождения нефти, природного газа, газоконденсата. В качестве малодебитных обычно рассматривались месторождения, эксплуатация которых по экономическим причинам не является рентабельной. В случае газоконденсата, если давление становилось недостаточным для добычи сырья в режиме истощения (т.е. до того момента, когда давление в пласте станет равным давлению в устье скважины), эксплуатация месторождения прекращалась, при этом месторождение относилось к разряду малодебитных. С развитием системы распределенного энергоснабжения эксплуатация так называемых «малодебитных» месторождений приобретает большое значение. Стоимость газоконденсата может существенно повысить показатели экономической эффективности разработки малых газоконденсатных месторождений. Запасы углеводородов этих месторождений могут быть использованы для целей местного энергоснабжения тех регионов, где они находятся. В полной мере это относится к Крымскому полуострову.

В Равнинном Крыму (преимущественно Черноморский район) и в западной части акватории Чёрного моря расположены 9 газоконденсатных месторождений, два из которых эксплуатируются, а остальные считаются исчерпанными. При этом добыто 80-90 % прогнозируемых газовых запасов и около 30-40% от прогнозируемых запасов газоконденсата [1].

Столь малый коэффициент извлечения обусловлен физическими свойствами процесса фильтрации газоконденсата. Газоконденсат представляет собой смесь углеводородов метанового ряда с небольшим содержанием других растворенных газов (CO₂, H₂, N₂ и др.). При отборе конденсата из продуктивного пласта происходит падение давления и изменение температуры вблизи забоя скважины. Газоконденсатная смесь в силу особенностей ее фазовой диаграммы при фильтрации в призабойной зоне частично конденсируется с образованием жидкости, которая заполняет поровое пространство и препятствует выходу газовой фазы. Фильтрация многокомпонентной двухфазной смеси к забою скважины вызывает увеличение насыщенности конденсатом порового пространства вплоть до образования «конденсатной пробки». При этом ухудшается и качество добываемого сырья – наиболее ценная его часть концентрируется в трудноизвлекаемой жидкой фракции [2].

Основная часть. При фильтрации в пластовых условиях газоконденсат является многокомпонентным двухфазным флюидом со специфической фазовой диаграммой. На фазовой диаграмме газоконденсата, в отличие от обычных двухфазных флюидов типа жидкость-газ, имеется область так называемой «ретроградной конденсации». [3]. Ретроградная область фазовой диаграммы характеризуется тем, что в отличие от обычного поведения, когда при снижении давления в двухфазной области происходит испарение жидкости вплоть до пограничной кривой, в части фазовой диаграммы, начиная от пограничной кривой до давления максимальной конденсации, происходит конденсация углеводородов, а при дальнейшем снижении давления – испарение. Этот эффект иллюстрирует фазовая диаграмма двухкомпонентной газоконденсатной смеси, представленная на рис. 1.

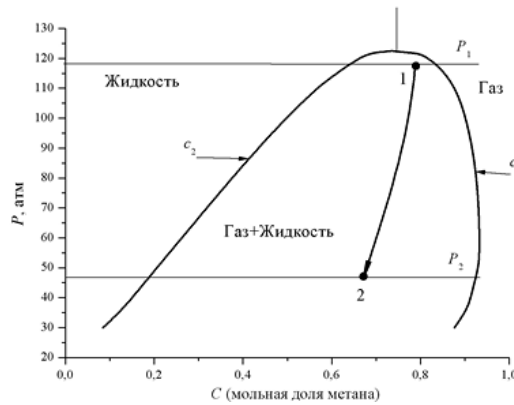


Рис. 1. Фазовая диаграмма бинарной смеси метан–н-бутан при температуре 310 К:
 $c_1(P)$ – кривая равновесных концентраций в газе; $c_2(P)$ – кривая равновесных концентраций в жидкости; 1 – 2 – совокупность состояний смеси заданного состава

Ретроградные явления проявляются в том случае, когда температура углеводородной смеси находится в диапазоне между критическими температурами компонентов, пластовое давление выше давления начала конденсации, молярная концентрация более летучего компонента (метана) выше ее значения в критической точке (при заданной температуре) и меньше максимального значения, при котором еще сосуществуют две фазы.

Как показали исследования, проведенные в ОИВТ РАН, эта особенность может вызывать появление неустойчивостей в работе добывающих скважин и возникновение автоколебательного режима фильтрации газоконденсатных смесей.

Для понимания основных физических закономерностей, определяющих процессы фильтрацию смеси, и их численных оценок, в качестве объекта исследований в ОИВТ РАН использовались простейшие двух и трехкомпонентные углеводородные системы, теплофизические и термодинамические свойства которых хорошо изучены.

Наряду с нетипичной фазовой диаграммой газоконденсата (наличием на фазовой диаграмме области, где с ростом давления растет газосодержание), для подобных смесей характерны дополнительные особенности в поведении функций относительных фазовых проницаемостей, которые проявляются при фильтрации двухфазной смеси через пористую среду. Значения функций относительных фазовых проницаемостей и для газовой, и жидкой фаз могут иметь близкие к нулю значения при различных значениях газосодержания.

Экспериментальные исследования проводились на установке для исследования процессов фильтрации нефтяных и газоконденсатных смесей (стенд «Пласт»), оснащенной комплексом измерительной аппаратуры и системой обработки результатов экспериментов. На данной установке возможно проведение исследований фильтрации газоконденсатного флюида при натуральных условиях залегания – давлении до 40 МПа и температуре до 400 °С [4].

В системе «газовый конденсат - вмещающий пласт» могут проявляться различные режимы течения: фильтрация газа, находящегося в закритической области, в поровом пространстве и фильтрация двухфазной смеси. В ОИВТ РАН на основании экспериментальных исследований фильтрации газоконденсата в ретроградной области фазовой диаграммы был установлен автоколебательный режим течения. Этот режим возникает в условиях, когда газовый конденсат находится в ретроградной зоне фазовой диаграммы. В результате экспериментов была обнаружена область параметров фильтрации, в которой возможно возникновение автоколебательного режима при постоянном перепаде давления в изотермических условиях.

Аналогичный режим автоколебаний был получен в экспериментах с трехкомпонентной смесью метан – бутан - пропан.

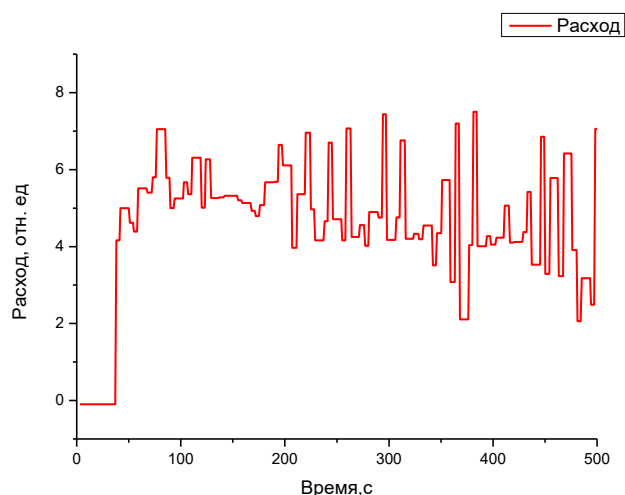


Рис. 2. Зависимость расхода газа от времени (смесь метан-пентан)
 Давление на входе экспериментального участка P_1 : 20 МПа, на выходе P_2 : 17 МПа
 Температура 298 К

Разработанные в ОИВТ РАН математические модели, описывающие многофазную фильтрацию углеводородного флюида в пористой среде газоконденсатного пласта, также показали, что в системе «поровое пространство пласта – газовый конденсат» в этих условиях возможно возникновение автоколебаний. Причиной возникновения автоколебаний при фильтрации является выделение жидкой фазы при снижении давления для газоконденсатных смесей, находящегося в ретроградной области фазовой диаграммы. При выделении жидкости снижается газопроницаемость. Затем происходит вытеснение жидкостной пробки за счет избыточного давления в пласте. Это и есть причина возникновения автоколебаний. Автоколебательный режим продолжается до тех пор, пока давление в пласте является достаточным для вытеснения жидкостной пробки. При падении в процессе извлечения газоконденсата давления в пласте жидкостная пробка уже не вытесняется. Это приводит к прекращению фильтрации газоконденсата. Образование жидкостных пробок в процессе добычи является причиной того, что реальная добыча при эксплуатации газоконденсатных месторождений оказывается значительно меньшей проектных значений.

Математическая модель. В ОИВТ РАН создана математическая модель фильтрации газоконденсата [5] в предположении одномерной нестационарной фильтрации двухфазной двухкомпонентной системы (метан–н-бутан) в изотермических условиях при условии фазового равновесия (характерные времена фазовых переходов существенно меньше гидродинамических). Процесс фильтрации при допущениях о химической нейтральности компонентов в одномерном случае описывается уравнениями баланса массы для каждого компонента, записанными в дивергентной форме относительно молярных плотностей.

$$m \frac{\partial}{\partial t} \left(\sum_j c_{ij} n_j s_j \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(\sum_j c_{ij} n_j U_j \right) = 0, \quad (1)$$

где m – пористость; индекс i соответствует компоненту (CH_4 , C_4H_{10});

индекс j соответствует фазе (1 – газ, 2 – жидкость);

c_{ij} – мольная доля i -го компонента в j -ой фазе двухфазной смеси;

n_j – молярная плотность j -ой фазы;

s_j – объемная доля j -ой фазы в смеси;

U_j – скорость j -ой фазы;

t – время;

x – координата.

Уравнения сохранения импульса зв приближении закона Дарси выглядит следующим образом:

$$U_j = -k \frac{f_j(s_j)}{\mu_j} \frac{\partial P}{\partial x}, \quad (2)$$

где k – абсолютная проницаемость;

μ_j – коэффициент динамической вязкости j -ой фазы;

P – давление;

f_j – функция относительной фазовой проницаемости j -ой фазы.

Уравнения состояния для газовой и жидкой фаз, выраженные через коэффициенты сжимаемости выглядят следующим образом:

$$P = n_j z_j R T, \quad (3)$$

где z_j – коэффициенты сжимаемости j -ой фазы;

R – газовая постоянная;

T – температура смеси.

Равновесные концентрации компонент в обеих фазах зависят от давления и удовлетворяют условию

$$\sum_i c_{ij}(P) = 1. \quad (4)$$

Объемные доли фаз связаны соотношением

$$\sum_j s_j = 1. \quad (5)$$

Система уравнений дополняется граничными и начальными условиями.

Как следует из результатов численного расчета, газоконденсатная смесь при фильтрации в пористом пространстве является автоколебательной системой осцилляторного типа [6].

Для условий эксперимента (смесь метан – бутан) определен диапазон параметров пористой среды, область давлений и свойств газоконденсатной смеси, при которых возможно возникновение автоколебаний в изотермических условиях (рис 3, 4).

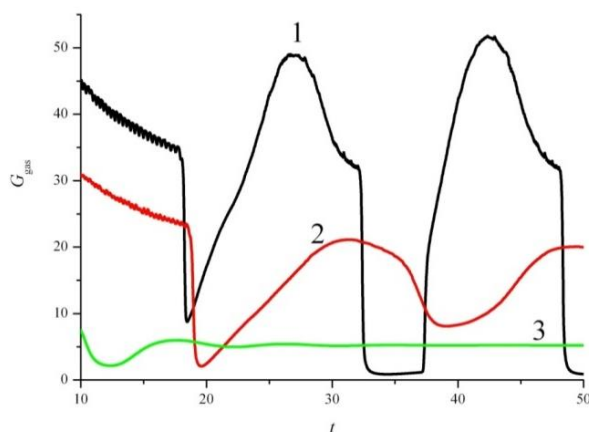


Рис. 3. Зависимость расхода газа от времени при различных давлениях на выходе P_2 :
1 – 4,5 МПа, 2 – 7 МПа, 3 – 11 МПа (давление на входе $P_1=12,5$ МПа)

В результате экспериментальных и теоретических исследования разработаны физические основы перспективного способа воздействия на ретроградную жидкость в газоконденсатных пластах резонансными волнами давления и научные основы новой технологии увеличения продуктивности пласта при волновом воздействии на систему «газовый конденсат – вмещающий пласт». Внешнее периодическое воздействие с частотой, близкой к частоте автоколебаний, приводит к разрушению жидкостной пробки и увеличению расходов жидкой и газовой фаз. Результаты экспериментов и математического моделирования показывают, что для достижения существенного роста расходов (на 20% и более) достаточно воздействий с незначительной амплитудой (10% от перепада давлений). В реальных условиях, по-видимому,

она будет выше (учет дополнительно сил трения и др. факторов, например, двух- или трехмерность).

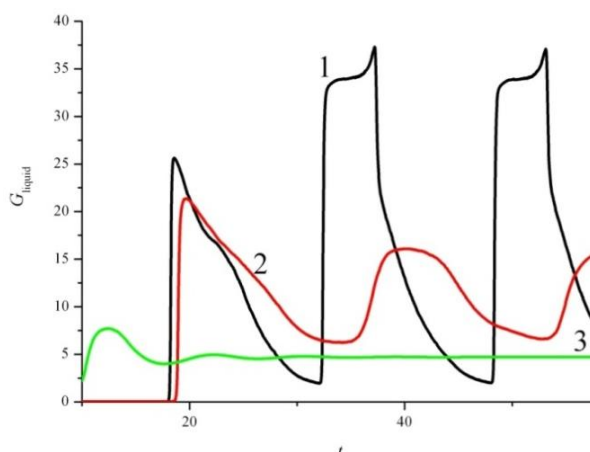


Рис 4. Зависимость расхода жидкой фазы от времени при различных давлениях на выходе P_2 :
1 – 4,5 МПа, 2 – 7 МПа, 3 – 11 МПа (давление на входе $P_1=12,5$ МПа)

При эксплуатации месторождения пробка может находиться достаточно далеко от забоя скважины. При этом пространство от пробки до скважины также заполнено некоторым количеством жидкости с нулевой фазовой проницаемостью. Волновое воздействие в этом случае приводит к изменению термодинамических условий с последующим испарением жидкости с нулевой фазовой проницаемостью и, соответственно, увеличением выхода газовой фазы с повышенным содержанием тяжелой фракции.

Выводы:

1. Проведенные экспериментальные исследования показали адекватность разработанных моделей, наличие периодических решений, совпадающих по периоду с расчетными.

2. Экспериментальные исследования волнового воздействия на частотах автоколебаний показали увеличение расхода для смеси метан – н-бутан до 41% и смеси метан-пропан-бутан – до 220%.

3. Разработаны физические основы перспективного способа воздействия на ретроградную жидкость в газоконденсатных пластах резонансными волнами давления и научные основы новой технологии увеличения продуктивности пласта при волновом воздействии на систему «газовый конденсат – вмещающий пласт». Предлагается использование резонансных волновых методов воздействия и проведение опытных промысловых экспериментов для отработки волновой технологии разработки малых газоконденсатных месторождений Крыма.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №19-08-00280.

Список литературы:

1. <http://gas.crimea.ru/map/23-novosti/69-karta>
2. Вяхирев Р.И. Разработка и эксплуатация газовых месторождений / Вяхирев Р.И. Гриценко А.И., Тер-Саркисов. Р.М. - М., Недра, 2002. -880 с.
3. Баталин О.Ю. Фазовые равновесия в системах природных углеводородов. / Баталин О.Ю., Брусиловский А.И., Захаров М.Ю. -. М.: Недра, 1992. - 245с.
4. Зайченко В.М. Экспериментальная установка для исследования двухфазного течения углеводородных смесей в модели газоконденсатного пласта. / Зайченко В.М. Майков И.Л., Смолкин А.К., Сокол Г.Ф., Торчинский В.М. // ПТЭ. – 2012. - №5 - С. 95-98.
5. Майков И.Л., Зайченко В.М, Торчинский В.М. Программа расчета процессов двухфазной фильтрации смеси углеводородов с фазовыми переходами и наличи-

ем ретроградной области на фазовой диаграмме. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ №2012616011 от 29.06.2012 г.

6. Магнус К. Колебания. - М: Мир, 1982. - 304 с.

**EXPERIMENTAL STUDIES OF UNSTABLE FILTRATION REGIMES
OF GAS CONDENSATE MIXTURES**

V.M. Zaichenko, V.M. Torchinskiy

*Joint Institute for High Temperatures of the Russian Academy of Sciences,
Moscow, 125412, Russia, e-mail: torchvm@yandex.ru*

Abstract

The use of deposits containing large amounts of gas condensate – the most valuable raw material for the petrochemical industry-and associated gas can be considered as one of the important mechanisms for creating a fuel and raw material base in the interests of small regional energy. When developing such fields, 80-90% of the projected gas reserves and about 30-40% of the projected gas condensate reserves are produced. Filtration of a two-phase gas condensate mixture to the well bottom causes an increase in the saturation of the pore space with condensate up to the formation of a "condensate plug". At the same time, the quality of the extracted raw material also deteriorates – the most valuable part of it is concentrated in the hard-to-extract liquid fraction

Experimental studies and developed mathematical models have shown the presence under certain conditions of periodic fluctuations in flow and pressure during filtration of gas-condensate mixtures in porous space. The physical foundations of the perspective method of influence on the gas-condensate reservoirs resonant pressure waves and the scientific basis of new technologies to increase the productivity of the reservoir by wave impact on the system "gas condensate – containing layer".

ПИРОЛИЗ ОТХОДОВ САХАРНОЙ И КОФЕЙНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В.М. Зайченко¹; Ю.М. Фалеева¹; А.Ю. Крылова²

¹*Объединённый институт высоких температур РАН, Москва, 125412, Россия,
e-mail: faleeva.julia@mail.ru*

²*ООО “Альтернативные технологии”, Москва, 111024, Россия*

Развитие возобновляемой энергетики занимает важное место в современной науке. В связи с неминуемым дефицитом традиционных видов топлива, поиску альтернативных источников энергии в настоящее время уделяется особое внимание. Одним из перспективных направлений является исследование использования биомассы в качестве источника энергии. Термин биомасса включает в себя всю водную и наземную растительность, отходы лесного и сельского хозяйства, животноводства, и все отходы живых организмов, такие как твердые бытовые отходы или сточные воды. Таким образом, использование биомассы в качестве сырья для производства тепла и энергии могло бы решить одну из важных современных экологических проблем, а именно утилизацию выше перечисленных отходов. Помимо этого, в отличие от ископаемых видов топлива, таких как природный газ и уголь, биомасса доступна повсеместно. Применение местных энергетических ресурсов с экономической точки зрения более выгодно, чем использование импортных ископаемых видов топлива.

Сельскохозяйственная промышленность включает множество отраслей, среди которых особое место занимает производство сахара и кофе. В данной работе рассматриваются отходы сахарной и кофейной промышленности. Производство сахара вырабатывает большое количество отходов. Багасса представляет собой волокнистую часть сахарного тростника, остающуюся после его прессования и извлечения сока, и является одним из крупнейших целлюлозных агропромышленных побочных продуктов [1]. Ежегодное мировое производство сахарного тростника составляет приблизительно 1,6 миллиардов тонн, в результате чего образуется несколько сотен миллионов тонн багассы [2]. Бразилия является крупнейшим производителем сахарного тростника в мире. Годовой объем производства тростника в этой стране достигает 690 миллионов тонн, в результате чего образуется около 186 миллионов тонн отходов [3]. Китай является третьим по величине производителем сахара в мире после Бразилии и Индии [4]. Таиланд также является одним из крупнейших производителей сахарного тростника с годовым производством около 140 миллионов тонн [5]. В Южной Африке ежегодно производится около 3.3 миллионов тонн сырой багассы. В среднем на 100 тонн измельченного тростника производится около 30 тонн влажных отходов (около 50 % влажности) в год. Таким образом, на каждые 3 кг измельченного тростника приходится 1 кг багассы [6]. Остаток сахарного тростника состоит из 40–50 % целлюлозы, 30–40 % лигнина и 25–30 % гемицеллюлозы [5]. Утилизация багассы обычно проводится методом прямого сжигания в печах для выработки тепла и энергии на сахарных заводах для собственного потребления. Длительное хранение багассы затруднено в виду ее подверженности гниению. Поскольку страны-производители сахарного тростника имеют обычно жаркий и влажный климат, багассу хранят не более 10 недель.

Кофе является одним из самых распространенных продуктов питания, а также вторым наиболее продаваемым товаром в мире после нефти. Производство кофейных зерен занимает важное место в мировой экономике. Бразилия является одним из ведущих производителей кофе, на ее долю приходится около трети всего мирового производства, за ней следуют Вьетнам, Индонезия, Колумбия, Индия, Перу, Гондурас, Эфиопия, Гватемала, Мексика и 60 других стран [7]. В 2017 году Бразилия про-

извела около 3000 тонн сухого зерна кофе, что эквивалентно такому же количеству отходов при переработке кофе сухим способом [8]. Большая часть производства кофе осуществляется методом сухой обработки, при котором на 1 кг производимого кофейного зерна вырабатывается приблизительно 1 кг шелухи.

Плод кофейного дерева имеет многослойную структуру. Кофейная ягода обычно содержит два зерна, покрытых тонкой серебристой пленкой. Второй слой желтого цвета (пачмент) напоминает пергаментную бумагу после высыхания. Покрытые пергаментом зерна заключены в клейковину и волокнистую слизистую мякоть. Внешняя тонкая кожура защищает ягоду от внешних воздействий. После созревания зеленые плоды становятся красно-фиолетовыми, темно-красными, желтыми или оранжевыми в зависимости от сорта [8]. Кофейная шелуха состоит в основном из целлюлозы, гемицеллюлозы и лигнина.

Обработка кофейных зерен может проводиться с использованием влажного или сухого процесса. Сухой процесс является самым простым и состоит в удалении внешней кожуры, мякоти и пергаментов в машине для удаления шелухи после продолжительной сушки ягод. Влажная обработка включает в себя относительно сложную последовательность этапов, включая механическое удаление кожуры и мякоти ягод кофе, ферментацию слоя клейковины и, наконец, сушку [7]. В обоих процессах шелуха является основным отходом. Обработка и утилизация таких отходов увеличивают стоимость производства. Это еще одна причина поиска рационального решения повторного использования шелухи. В Кении из 70 % образующейся кофейной шелухи производят обожженные брикеты для бытового использования. Остальные 30 % используются в качестве компостного навоза [9]. Только небольшое количество пергаментной шелухи в настоящее время используется в энергетических целях, в основном в качестве топлива для сушки кофейных зерен.

Таким образом, для исследования были отобраны образцы отходов двух крупнейших сельскохозяйственных направлений, утилизация которых представляет собой серьезную экологическую проблему: багасса (производство сахара), оболочка (кожура и мякоть кофейных ягод) и пергамент (тонкая пленка на кофейных зернах).

Помимо непосредственного использования биомассы (компостирование, корм для скота) существует несколько способов ее преобразования в энергию. Пиролиз относится к термохимическому способу и заключается в термическом расщеплении биомассы без доступа кислорода. Продукты, получаемые в процессе пиролиза, содержат жидкую, твердую и газообразную фракции. Жидкая фракция, пиролизное масло, представляет собой смесь пирогенической воды, смол, различных кислот [10]. Пиролиз характеризуется относительно низким объемным выходом. Образующийся газ состоит в основном из двуокиси и окиси углерода. Пиролизное масло может быть использовано в качестве сырья для производства различных химикатов и топлив. Угольный остаток может быть использован в качестве топлива и в различных производственных сферах.

Установка для экспериментального исследования пиролиза включает в себя реактор в виде стальной трубы диаметром 37 мм и длиной 500 мм, в нижней части которой расположена чаша для размещения исследуемого образца. Реактор помещен в цилиндрическую электрическую печь. Образцы исследуемых материалов предварительно сушатся до влажности 1-1.5 % по массе. Перед экспериментом собранная установка продувается аргоном для обеспечения бескислородной среды. Скорость нагрева составляет 7 °/мин. Температура пиролиза была выбрана 350 °С. Выдержка при температуре пиролиза составляет 30 мин. Газообразные и парообразные продукты, образующиеся в процессе пиролиза, проходят через стеклянный теплообменник, в котором конденсируется пиролизная жидкость. Неконденсируемые газы проходят через счетчик газа барабанного типа и собираются в газгольдере. В конце эксперимента определяется состав пиролизных газов при помощи анализатора газа.

В ходе исследования был выполнен элементный анализ исходных материалов и твердого остатка, полученного в результате пиролиза при температуре 350 °С. В таблице 1 представлены элементный состав, зольность и теплота сгорания, рассчитанные на сухое состояние.

Таблица 1

Характеристики исходных материалов и твердого остатка

Материал	Элементный состав, мас. %					Зольность, мас. %	Теплота сгорания, МДж/кг	
	H	O	N	C	S		Q _H	Q _B
Багасса	4.80	54.12	0.30	38.68	0.05	2.05	12.17	13.26
Оболочка	5.73	39.68	1.51	45.14	0.20	7.74	16.90	18.19
Пергамент	6.19	41.85	0.35	49.97	0.03	1.61	18.76	20.16
Багасса 350	4.66	22.83	0.01	68.04	0.02	4.44	25.38	26.43
Оболочка 350	5.46	2.78	2.17	71.07	0.25	18.27	29.44	30.68
Пергамент 350	4.65	13.42	0.29	77.55	0.09	4.00	29.62	30.67

Багасса характеризуется наименьшей среди исследуемых материалов теплотой сгорания. Это объясняется наибольшим количеством кислорода и наименьшим содержанием углерода и водорода. Соотношение H/C и O/C для исследуемых материалов показано на рис.1 на диаграмме Ван-Кревелена. Из данных таблицы видно, что количество углерода в твердом остатке увеличилось в 1.5-1.7 раз. Теплота сгорания пиролизного остатка багассы увеличилась в два раза. Потеря массы при этом составила 54 %. Стоит отметить, что твердый остаток, в отличие от исходных материалов, не подвержен гниению и может храниться без потери качества.

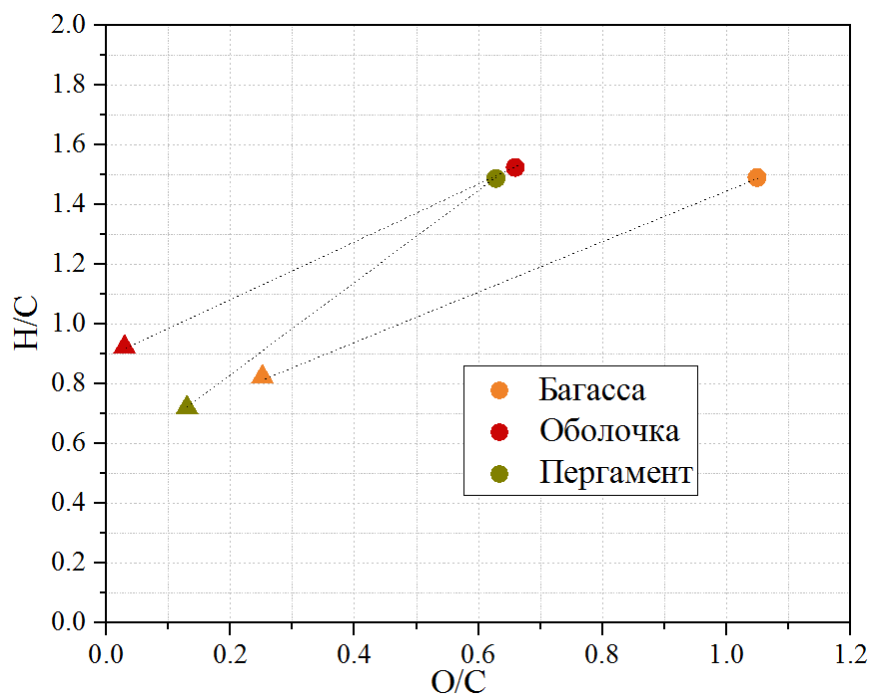


Рис. 1. Диаграмма Ван-Кревелена для исходных материалов и угольного остатка
● – исходный материал, ▲ – угольный остаток

В таблице 2 приведен количественный анализ выхода пиролизных продуктов для каждого исследуемого материала.

Выход пиролизных продуктов

Эксперимент	Выход угольного остатка, мас. %	Выход пиролизного масла, мас. %	Выход пиролизного газа, м ³ /кг
Багасса 350	45.68	30.52	0.078
Оболочка 350	41.73	31.11	0.099
Пергамент 350	39.80	34.61	0.099

Наибольший выход угольного остатка при одинаковых условиях проведения эксперимента соответствует багассе и составляет 45.68 мас.%. Данный материал характеризуется также наименьшим выходом пиролизного газа. Выход пиролизного масла из пергаментной шелухи кофе является наибольшим среди исследуемых материалов и достигает значения 34.61 мас.%.

Таким образом, в зависимости от целей, процесс пиролизной обработки можно использовать для получения угольного остатка с теплотворной способностью превышающей исходную в 1.5-2 раза, а также пиролизного масла, имеющего различные способы применения. Стоит отметить, что на выход продуктов пиролиза влияет не только выбор материала, а также условия проведения термохимической обработки, такие как температура, скорость нагрева, время выдержки. Подбор оптимальных параметров пиролиза играет важную роль для достижения поставленных целей по выходу необходимого продукта.

Эта работа была выполнена при поддержке Российского Фонда Фундаментальных исследований, грант № 17-08-01393 А.

Список литературы:

1. Pandey A. Biotechnological potential of agro-industrial residues. I: sugarcane bagasse / A. Pandey, C.R. Soccol, P. Nigam, V.T. Soccol // *Bioresource Technology*, 2000. – Vol. 74. – P. 69 – 80.
2. Khattab S.M.R. Chapter 10 - Bioethanol From Sugarcane Bagasse: Status and Perspectives / S.M.R. Khattab, T. Watanabe // *Bioethanol Production from Food Crops*, Academic Press, 2019. – 460 p.
3. David G.F. Thermochemical conversion of sugarcane bagasse by fast pyrolysis: High yield of levoglucosan production / G.F. David, O.R. Justo, V. H. Perez, M. Garcia-Perez // *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 2018. – Vol. 133. – P. 246 – 253.
4. Zu Q. Spatio-temporal distribution of sugarcane potential yields and yield gaps in Southern China / Q. Zu and etc. // *European Journal of Agronomy*, 2018. – Vol. 92. – P. 72 – 83.
5. Thiangtham S. Sulfonation of dialdehyde cellulose extracted from sugarcane bagasse for synergistically enhanced water solubility / S. Thiangtham, J. Runt, H. Manuspiya // *Carbohydrate Polymers*, 2019. – Vol. 208. – P. 314 – 322.
6. Anukam A. Pre-processing of sugarcane bagasse for gasification in a downdraft biomass gasifier system: A comprehensive review / A. Anukam, S. Mamphweli, P. Reddy, E. Meyer, O. Okoh // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2016. – Vol. 66. – P. 775 – 801.
7. Gilberto V. de Melo Pereira. Exploring the impacts of postharvest processing on the aroma formation of coffee beans – A review / Gilberto V. de Melo Pereira and etc. // *Food Chemistry*, 2019. – Vol. 272. – P. 441 – 452.
8. Dal-Bó V. Process synthesis for coffee husks to energy using hierarchical approaches / V. Dal-Bó, T. Lira, L. Arrieche, M. Bacelos // *Renewable Energy*, 2019
9. Saenger M. Combustion of coffee husks / M. Saenger, E.-U. Hartge, J. Werther, T. Ogada, Z. Siagi // *Renewable Energy*, 2001. – Vol. 23. – P. 103 – 121.

10. Батенин В.М. Термические методы переработки древесины и торфа в энергетических целях / В.М. Батенин, А.В. Бессмертных, В.М. Зайченко, В.Ф. Косов, В.А. Синельщиков // Теплоэнергетика, 2010. – № 11 – С. 36 – 42.

PYROLYSIS OF SUGAR AND COFFEE INDUSTRY WASTES

V.M. Zaichenko¹, Y.M. Faleeva¹, A.Yu. Krylova²

¹*Joint Institute for High Temperatures of the Russian Academy of Sciences (JIHT RAS),
Moscow, 125412, Russia, e-mail: faleeva.julia@mail.ru*

²*LLC Alternative Technologies, Moscow, 111024, Russia*

Abstract

The problem of agriculture waste utilization with the purpose of energy production is very important from the environment protection point of view. Among agricultural residues, the cane bagasse and coffee husk may be highlighted as a raw material of high energetic potential, since it is produced in large scale. Pyrolysis of bagasse and coffee husk is performed at the temperature of 350°C and at the heating rate of 7 °/min. The study demonstrates that this technology allows recycling agriculture waste and getting charcoal with a calorific value of 30 MJ/kg. The highest charcoal yield of 45.68 wt.% was achieved when processing bagasse. The highest pyrolysis oil yield of 34.61 wt.% was achieved when processing coffee parchment husk.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ РОССИИ

В.М. Зайченко¹, А.А. Чернявский²

¹*Объединенный институт высоких температур РАН, Москва, 125412, Россия, e-mail: zaitch@oivtran.ru*

²*Ростовтеплоэлектропроект, Ростов-на-Дону, 344002, Россия, e-mail: info@roterp.ru*

В последние годы структура мировой энергетики претерпевает значительные изменения, продиктованные следующими обстоятельствами:

- интенсивное развитие энергетических систем на базе возобновляемых источников энергии (ВИЭ);
- широкое распространение распределённой генерации энергии;
- отрицательное влияние традиционных способов получения энергии на природное равновесие;
- настоятельная необходимость повышения экономической эффективности инвестиций в энергетику, снижение темпов роста стоимости электрической и тепловой энергии;
- исчерпание легкодоступных запасов органического и ядерного топлив и их удорожание в связи с увеличением затрат на добычу.

Традиционная тепловая энергетика, доля которой в общем энергобалансе России составляет около 70%, является и самым большим техногенным источником вредных выбросов. Наибольшие запасы органического топлива на земле – это каменный и бурый угли. Именно на угольных электростанциях имеют место наибольшие вредные выбросы.

Работе ТЭС сопровождается значительными тепловыми выбросами. КПД большей части существующих крупных паротурбинных ТЭС составляет 38...40%. Новые ТЭС с применением парогазовых технологий имеют КПД 55...60%. Т.е. 40...60% энергии сжигаемого на ТЭС топлива выбрасывается в окружающую среду. Это способствует увеличению среднегодовой температуры в атмосфере и на поверхности Земли. Как известно, увеличение этой температуры даже на доли градуса чревато значительными последствиями [1].

По данным, утвержденного в 2017 г. Проекта энергетической стратегии РФ до 2035 г. [2] доля ТЭС в энергобалансе России планируется на уровне 67,6%. При этом объём вредных выбросов от ТЭС составит 2,6 млн. т в год, а парниковых газов – 580 млн. т в год, несмотря на принимаемые меры, направленные на сокращение этих выбросов.

Сооружение крупных ГЭС, доля которых в общем энергобалансе страны составляет ~ 20%, также сопряжено с отрицательным влиянием на природное равновесие. Водоохранилища, необходимые для регулирования производительности ГЭС, занимают значительные территории. Часто при заполнении водоохранилищ затопляются значительные сельскохозяйственные территории, лесные массивы, а также жилые поселения. Плотины ГЭС, перегораживающие русла рек, нарушают условия миграции рыб и, несмотря на сооружение специальных рыбоподъемников, все-таки приводят к заметному уменьшению количества рыбы в зоне размещения ГЭС.

АЭС – электростанции, вызывающие наибольшие экологические проблемы и протесты населения как в России, так и за рубежом. Особенно после крупных аварий на АЭС «Three Mile Island» в США в 1976 г., на Чернобыльской АЭС в России в 1986 г., на АЭС «Фукусима» в Японии в 2011 г. Периодичность таких аварий с выбросом радиоактивных веществ составляет 22...25 лет. Если количество ядерных ре-

акторов будет увеличиваться, то частота радиационных аварий, очевидно, будет возрастать.

Необходимо также учитывать, что КПД ядерных реакторов меньше, чем парогенераторов ТЭС. В силу этих причин работа АЭС сопровождается большими тепловыми выбросами, чем при работе тепловых электростанций.

Если говорить об экономической эффективности АЭС, то следует иметь в виду, что строительство АЭС обходится в 2,0...2,5 раза дороже угольных паротурбинных ТЭС и в 3,0...3,5 раза дороже современных ТЭС с парогазовыми технологиями [3]. В докладе Международного энергетического агентства IEA "Обновленная оценка капитальных затрат станций, производящих электроэнергию", еще в 2010 г. удельные инвестиции в новые атомные электростанции были оценены в размере 5339 US\$/кВт. Соответствующие этим затратам высокие объёмы амортизационных отчислений ложатся тяжелым бременем на себестоимость отпускаемой АЭС электроэнергии.

Необходимость учёта в расчётах себестоимости энергии АЭС затрат на демонтаж АЭС после окончания срока службы, сопоставимых с затратами на их строительство, приводит к тому, что себестоимость производства электроэнергии на АЭС оказывается выше, чем на ТЭС и ГЭС. Рассуждения о дешевизне атомной энергии не имеют оснований.

Несмотря на все эти факты в РФ продолжается строительство новых ядерных энергоблоков. А для энергоблоков, отработавших свой нормативный 30-летний ресурс, концерн «Росэнергоатом» изыскивает разные пути продления времени их эксплуатации на 10...15 лет, чтобы сегодня сэкономить средства на снятие таких энергоблоков с эксплуатации и получить добавочный доход от их эксплуатации. А этот путь чреват грядущими авариями на АЭС в связи со снижением их надёжности в пострасчётном периоде.

Многие страны мира теперь отказываются от использования АЭС. До настоящего времени АЭС эксплуатировались в 31 стране. Сегодня Италия закрыла все имевшиеся АЭС и полностью отказалась от ядерной энергетики [4]. Бельгия, Германия, Испания, Нидерланды, Тайвань, Швейцария, Швеция проводят мероприятия по планомерному закрытию АЭС. Литва и Казахстан временно прекратили использование ядерной энергетики. Австрия, Куба, Ливия, КНДР, Польша после аварии на «Фукусиме» не стали завершать начатое строительство своих первых АЭС. Также отказались от программ развития атомной энергетики Австралия, Австрия, Азербайджан, Бельгия, Гана, Греция, Грузия, Дания, Ирландия, Латвия, Лихтенштейн, Люксембург, Малайзия, Мальта, Новая Зеландия, Норвегия, Португалия, Филиппины [4].

К настоящему времени в мире закрыты 164 атомных реактора. Пик производства ядерной энергии был зафиксирован в 2006 г. (2660 ТВтч). Доля ядерной энергетики в мировом производстве электроэнергии снизилась с 17,6% в 1996 г. до 10,7% в 2015 г. [4]. Агентство Bloomberg New Energy Finance прогнозирует общее падение доли АЭС в мире до 4% к 2040 г.

В то же время отмечается значительный *рост энергетических мощностей с использованием ВИЭ*. Это связано с резким падением цен в последние 5...7 лет на оборудование для возобновляемой энергетики. В первую очередь, это относится к кремниевым фотоэлектрическим модулям (ФЭМ), являющихся основой большинства современных солнечных электростанций (СЭС). Теперь при стоимости ФЭМ 300...600 US\$/кВт, они являются самыми дешевыми источниками генерации электрической энергии. И, по мнению многих экспертов, сейчас уже становится экономически невыгодным строительство АЭС и ТЭС, по крайней мере, в странах ЕС, в Китае, в Индии, а также в южных регионах России [5-7].

С 2017 г. ВИЭ являются самым быстро-окупаемым источником энергии. За это время было введено в эксплуатацию более 150 ГВт новых солнечных и ветровых

мощностей в мире – больше, чем объектов традиционной энергетики. В 2018 г. были введены в строй СЭС суммарной мощностью более 100 ГВт, ВЭС – суммарной мощностью 60 ГВт. Привычными стали цены ~ 0,03 US\$/кВтч на электрическую энергию на установках с ВИЭ, создаваемых *без бюджетной поддержки*. В Саудовской Аравии цена электроэнергии ВЭС составила 0,0234 US\$/кВтч, на мексиканских СЭС зафиксирована цена 0,0197 US\$/кВтч: сегодня ВИЭ уверенно выходят на самоокупаемость.

Главной движущей силой в реализации крупномасштабных проектов в солнечной энергетике стали Китай и Индия [8]. По данным IEEFA, в Индии и Китае находятся самые крупные в мире объекты солнечной энергетики – мощностью 300...1500 МВт. В целом, за последние 10 лет Китай увеличил мощность СЭС в 800 раз.

Быстрое развитие возобновляемой энергетики наблюдается в Японии, в США, где ставят целью сохранение природных запасов углеводородов; в странах Европы, где отсутствуют достаточные ресурсы органического топлива.

В настоящее время общая доля энергии, получаемой за счёт ВИЭ, составляет: в Дании – 42%, в Германии – 33%, в Австрии – 27%, в Великобритании – 21%, в России – 1%. В нашей стране еще не наступило понимание актуальности развития ВИЭ. В многом это связано с наличием огромных запасов углеводородов, особенно каменного угля: разведанных его залежей хватит более чем на 300 лет при теперешних темпах расходования. Но уже и в России последние несколько лет наблюдается быстрый рост объёмов внедрения в солнечной энергетике. Общая установленная мощность введенных в действие СЭС к 2019 г. превысила 200 МВт. К тому же, с воссоединением Крыма, Россия стала также обладательницей крупнейшего, даже по мировым масштабам, крымского комплекса фотоэлектрических СЭС – более 300 МВт.

Во многих странах энергия, получаемая с использованием ВИЭ, дешевле чем от ТЭС и АЭС. В этих странах значительными темпами идет отказ от использования атомной энергии, а также «декарбонизация» энергетики – постепенный отказ от использования бурого и каменного углей. Сейчас в Германии обсуждается вопрос о необходимости закрытия 14 крупных угольных ТЭС [9]. Происходит замещение электростанций на угле возобновляемой энергетикой.

По сообщениям, опубликованным в июне 2018 г в Elektrovest.net [10], прогнозируется закрытие угольных электростанций еще в целом ряде государств. В Великобритании планируют закрыть все угольные электростанции к 2025 г. с заменой их на газовые ТЭС и ВИЭ. В Нидерландах будут закрыты все ТЭС на угле, включая даже новые, введенные в 2015 г. Для достижения целей, поставленных Парижским соглашением [11], в 2015 г. были закрыты 5 угольных энергоблоков, оставшиеся 5 – на очереди. В Португалии в летний период 100% потребности в электроэнергии обеспечивается за счёт ВИЭ. Круглогодичное обеспечение за счёт ВИЭ планируется с 2040 г. В Австрии энергетической стратегией предусмотрен полный переход на «зеленую» энергетику к 2030 г. Южная Корея закрывает 10 устаревших угольных ТЭС к 2025 г. Мексика планирует получение 50% энергии за счёт ВИЭ к 2034 г. Коста-Рика в 2016 г. полностью перешла на использование ВИЭ.

В целом, по прогнозам, опубликованным в Глобальном отчете Центра REN21 [12], использование бурого угля будет прекращено к 2035 г., каменного угля – к 2045 г., нефти, газа, ядерного топлива – к 2050 г. (рис. 1).

Одной из важных составляющих в развитии ВИЭ являются успехи последних лет в создании систем аккумулирования большого количества электрической энергии [5, 13, 14].

Один из крупнейших проектов ВИЭ-электростанции, оснащаемой системой аккумулирования, начала внедрять во Французской Гвиане (северо-восток Южной Америки) компания HDF Energy (Hydrogene de France – «Французский водород»)

[15]. Солнечная электростанция мощностью 55 МВт будет оснащена накопителем энергии ёмкостью 140 МВтч.

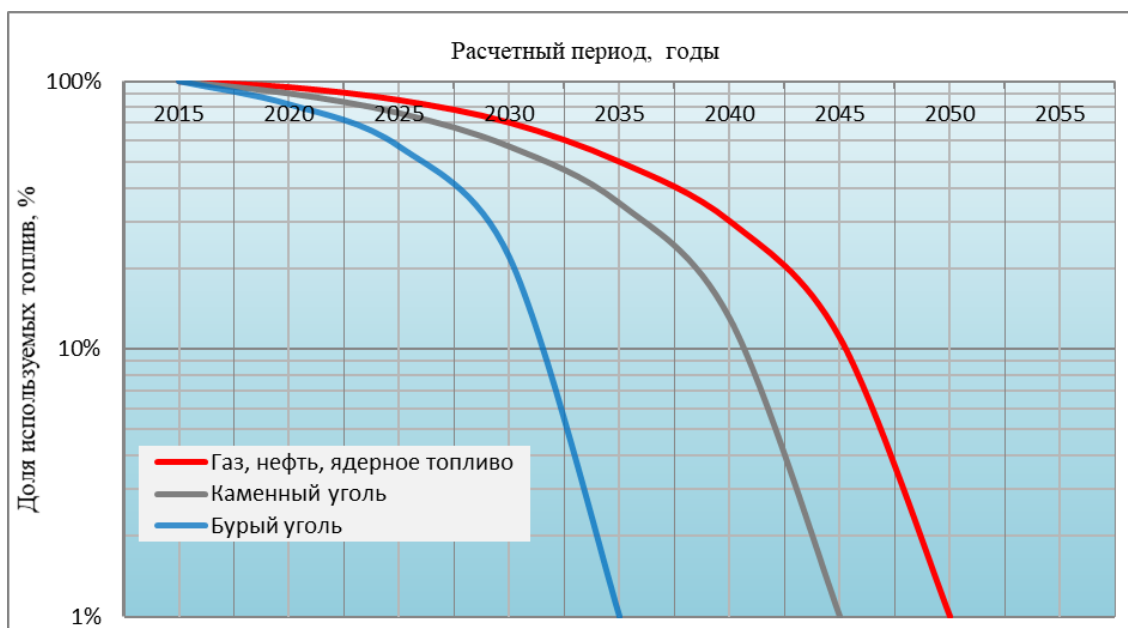


Рис.1. Прогноз сокращения использования органического и ядерного топлива

Высокоёмкие накопители электроэнергии достаточно дороги. И даже самые дешёвые из них увеличивают общую стоимость электростанций на базе ВИЭ в 1,5...1,8 раза, заметно снижая их рентабельность. Рациональным является создание комбинированных электростанций, в которых различные виды ВИЭ, дополняя друг друга, обеспечивают возможность минимизировать потребность в аккумуляции электроэнергии. Например, удачным для выравнивания годовой выработки электроэнергии является сочетание ветроэлектрических и солнечных электростанций.

На рис. 2 в качестве примера показано, как можно обеспечить почти равномерную выработку электроэнергии в течение всего года на комбинированной солнечно-ветровой установке. Ёмкость накопителя электроэнергии для такой установки оказывается в десятки раз меньше, чем для случаев, когда необходимо обеспечить сезонное аккумулярование энергии отдельно для солнечной или для ветровой установки.

Для снижения требований к ёмкости накопителей электроэнергии можно строить комбинированные системы и с другими видами ВИЭ, например, по схемам ВЭС–ГЭС, СЭС–ГЭС, ВЭС–ГеоТЭС, СЭС–ГеоТЭС, ВЭС–биоТЭС, СЭС–биоТЭС и т.п., в зависимости от видов ВИЭ, преобладающих на территории, где планируется размещать электростанции с использованием ВИЭ. Перспективным является использование энергии биомассы.

Практически почти на всей территории России можно найти те или иные виды биомассы для использования в качестве местного исходного сырья для получения электроэнергии. Это могут быть торф, древесные и сельскохозяйственные отходы, отходы жизнедеятельности различных видов, в том числе твёрдые коммунальные отходы (ТКО).

Для России биоэнергетика является одним из наиболее перспективных видов использования возобновляемых источников энергии. И, именно в области энергетического использования биомассы в сочетании с водородными технологиями, в России предложены новые эффективные технические решения, которые выводят страну на передовые рубежи [5, 16-19].

Общий технический потенциал биомассы в РФ оценивается в 15-20 тысяч МВт. По данным институтов ОИВТ РАН и «Ростовтеплоэлектропроект» [5] стоимость од-

ного кВт установленной мощности энергетических установок с использованием биотоплива находится в пределах от 2000 до 4000 евро – на уровне новых ТЭС на традиционном топливе.

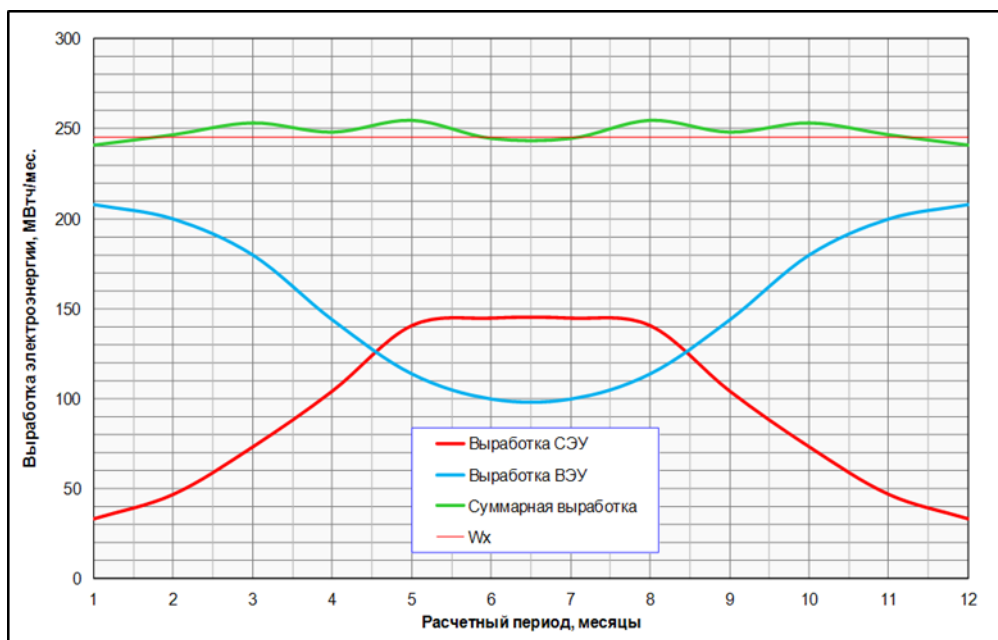


Рис. 2. Годовой ход суммарной выработки электроэнергии комбинированной солнечно-ветряной установкой

Потенциально возможное получение электрической энергии из биотоплива в РФ составляет более 150 тысяч ГВтч/год, тепловой энергии – 344 ГВтч/год [20].

Эффективная технология конверсии биомассы предложена ОИВТ РАН [5, 17, 18, 21]. Эта технология позволяет получать энергетический газ, состоящий на ~ 90% из водорода и окиси углерода. Получаемая смесь газов практически не содержит смол и может быть без дополнительной очистки использована в качестве топлива для газопоршневых агрегатов.

Технология ОИВТ РАН обеспечивает высокую степень конверсии перерабатываемой биомассы в энергетический газ. В существующих технологиях пиролиза эта величина не превышает 18%, в технологии ОИВТ РАН достигает 78%. Суммарный выход горючих газов при переработке древесных и сельскохозяйственных отходов составляет 1,4 м³ на 1 кг биомассы, а средняя теплота сгорания – около 11,5 МДж/м³.

Россия является одним из ведущих экспортеров древесного топлива: на мировые рынки из России отправляется более 90% всего отечественного выпуска топливных гранул – пеллет [24]. Внутренний же рынок топливных гранул в России еще не сформирован, но начинает интенсивно развиваться. Под этот вид топлива разработаны и выпускаются серийно автоматические котлоагрегаты.

Большие преимущества пеллетизированное топливо из биомассы, в том числе из древесины, приобретает, если провести его обработку при температуре 250...300°С без доступа кислорода – *торрефикацию*. При этом на 25-30% увеличивается теплота сгорания, возрастает их насыпная плотность, пеллеты становятся гидрофобными. Т.е. не поглощают влагу при хранении на воздухе. Научные основы процесса торрефикации разработаны в ОИВТ РАН [16].

Отметим, что растительная биомасса является экологически нейтральным топливом: потребление CO₂ из атмосферы при росте растений соответствует эмиссии CO₂ при их сжигании.

Существующие экономические предпочтения использования ВИЭ позволяет строить новую энергетику с меньшими удельными инвестициями в 1 кВт установ-

ленной мощности и с получением более дешевой электрической энергии. Результаты сравнительных расчётов основных параметров для традиционных и нетрадиционных электрических станций в существующих российских условиях приведены в табл. 1

Сравнение выполнено для АЭС, ТЭС, работающей на угле, ТЭС на природном газе, ГЭС, а также сетевых ВЭС и СЭС – без аккумуляирования.

За основу для сравнения принята условная АЭС установленной мощностью 1000 МВт, работающая в базовом режиме при среднем КИУМ=70%, что соответствует годовому времени использования установленной мощности 6132 часа. Все остальные генерирующие мощности имеют среднестатистические КИУМ меньше, чем АЭС, как показано в табл.1.

Расчётный отпуск электроэнергии условной АЭС составляет 5825,4 ТВтч/год. Для адекватного сравнения принимается такой же расчётный отпуск электроэнергии и для остальных типов электростанций. Чтобы выполнить это условие при значительной разнице в КИУМ для разных технологий генерации, оказалось необходимым принять следующие значения установленных электрических мощностей:

- для ТЭС на угле	- 1097,2 МВт;
- для ТЭС на природном газе	- 1647,1 МВт;
- для ВЭС	- 2000,0 МВт;
- для СЭС	- 2800,0 МВт;
- для ГЭС	- 1758,8 МВт.

Отметим, что, несмотря на то, что требуемые мощности ВЭС и СЭС являются значительно большими, чем для всех прочих электростанций, сооружение ВЭС и СЭС требует при сложившейся рыночной конъюнктуре, самых малых инвестиций. При этом себестоимость отпускаемой электроэнергии на ВЭС и СЭС также имеет самые низкие значения.

Если планировать тариф на отпуск электроэнергии на оптовый рынок энергии и мощности в размере 70 US\$/МВтч – с минимальным превышением наибольшей себестоимости из ряда рассматриваемых генерирующих источников, то полные сроки окупаемости инвестиций составят (табл. 1): для АЭС – 57,8 года, для ТЭС на угле – 39,7 года, для ТЭС на природном газе – 70,5 года, для ГЭС – 46,2 года, для ВЭС – 14,2 года, для СЭС – 12,0 лет. Только ВЭС и СЭС будут иметь приемлемые сроки окупаемости, не превышающие половину срока службы станции. Все остальные технологии генерации не обеспечивают окупаемость в течение всего срока жизни этих объектов, составляющего, как правило, 40 лет. При этом для всех энергообъектов, кроме ВЭС и СЭС, чистый доход за весь период эксплуатации является отрицательной величиной, индекс доходности – менее 1, рентабельность – не выше 2,5%. Естественно, что при таких значениях экономических критериев вкладывать инвестиции в эти проекты нет смысла. Отметим, что, несмотря на то, что требуемые мощности ВЭС и СЭС являются значительно большими, чем для всех прочих электростанций, сооружение ВЭС и СЭС требует при сложившейся рыночной конъюнктуре самых малых инвестиций. При этом себестоимость отпускаемой электроэнергии на ВЭС и СЭС также имеет самые низкие значения.

Приемлемые финансово-коммерческие показатели для строящихся или реконструируемых электростанций обеспечивают с помощью государственных субсидий путем. Для этих целей используется, так называемые договора о предоставлении мощности (ДПМ). В табл.1 представлен пример реализации ДПМ. При этом, чтобы сравнение было корректным, в расчётах были приняты равные условия для всех типов электростанций: во всех случаях принято одно и то же повышенное значение эквивалентного одноставочного тарифа на отпуск электроэнергии, равное 120 US\$/МВтч. В этих условиях полные сроки окупаемости инвестиций становятся удовлетворительными для всех рассматриваемых вариантов. Но наилучшая и весьма удовлетворительная окупаемость будет иметь место при инвестировании средств в

строительство ВЭС и СЭС. Эти же виды электростанций обеспечивают и наибольший чистый доход на вложенный капитал, наибольший индекс доходности, наивысшую рентабельность инвестиций. Именно поэтому многие энергетические компании Мира пришли к выводу, что нет уже смысла, по экономическим соображениям, вести строительство АЭС, ТЭС и крупных ГЭС, а предпочтение следует отдавать технологиям на базе ВИЭ.

Таблица 1

Сравнительная оценка основных показателей электростанций

Наименование параметров	Единица измерения	Значение параметров					
		АЭС	ТЭС		ВИЭ		
			на угле	на газе	ГЭС	ВЭС	СЭС
1	2	3	4	5	6	7	8
Коэффициент использования установленной мощности, КИУМ	%	70,0	63,8	42,5	39,8	35,0	25,0
Приведенная установленная мощность, N	МВт	1000,0	1097,2	1647,1	1758,8	2000,0	2800,0
Число часов использования установленной мощности, Т	ч/год	6132,0	5588,9	3723,0	3486,5	3066,0	2190,0
Выработка электроэнергии: $Wэл = N \cdot T / 1000$	ТВтч/год	6132,0	6132,0	6132,0	6132,0	6132,0	6132,0
Затраты на собственные нужды и потери электро-энергии - 5%: $Wсн = 0,05 \cdot Wэл$	ТВтч/год	306,6	306,6	306,6	306,6	306,6	306,6
Отпуск электроэнергии потребителям: $Wотп = 0,95 \cdot Wэл$	ТВтч/год	5825,4	5825,4	5825,4	5825,4	5825,4	5825,4
Период проектирования и строительства, Тстр	лет	6,0	3,0	3,0	5,0	2,0	1,5
Общая сумма требуемых инвестиций: $K = N \cdot Kуд$	млн. US\$	5000,0	3291,5	3705,9	5276,4	2800,0	2520,0
Расчетный срок службы электростанции, Тсл	лет	40	40	40	40	30	30
Затраты на топливо - ЗТ:	млн.US\$/год	40,5	137,4	147,2	-	-	*
Сумма амортизационных отчислений: $A = a \cdot K$ ($a = 0,03$)	млн.US\$/год	150,0	98,7	111,2	158,3	112,0	100,8
Общая сумма эксплуатационных издержек - Из	млн.US\$/год	351,3	344,4	382,5	322,0	199,2	179,4
Себестоимость отпускаемой электроэнергии: СС = 1000 Из/Wотп	US\$/МВтч	60,30	59,12	65,66	55,28	34,20	30,80
Показатели финансово-коммерческой эффективности инвестиций при прямой продаже электроэнергии на ОРЭМ							
Планируемый эквивалентный одноставочный средневзвешенный тариф на отпуск электроэнергии на оптовый рынок энергии и мощности (ОРЭМ), Тэл	US\$/МВтч	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
Объем реализации электроэнергии: $R = Тэл \cdot Wотп$	млн.US\$/год	407,778	407,778	407,778	407,778	407,778	407,778
Валовая прибыль: $ВП = R - Из$	млн.US\$/год	56,48	63,38	25,28	85,78	208,58	228,35
Чистая прибыль - после уплаты налоговых платежей, ЧП	млн.US\$/год	-53,52	-9,03	-56,25	-30,30	117,58	138,33
Дискретный срок окупаемости инвестиций: $СО = К / (ЧП + А)$	лет	51,8	36,7	67,5	41,2	12,2	10,5
Полный срок окупаемости инвестиций: $ПСО = СО + Тстр$	лет	57,8	39,7	70,5	46,2	14,2	12,0
Чистый доход за расчетный период: $NV = ЧП \cdot Тсл$	млн.US\$	-2140,9	-361,4	-2250,1	-1212,1	3527,5	4149,9
Чистый дисконтированный доход, NPV	млн.US\$	-178,4	-30,1	-187,5	-101,0	391,9	461,1
Индекс доходности: $PI = (K + NPV) / K$	-	0,96	0,99	0,95	0,98	1,14	1,18
Рентабельность инвестиций: $P = 100 / ПСО$	%	1,73	2,52	1,42	2,16	7,04	8,31
Показатели финансово-коммерческой эффективности инвестиций при использовании государственных субсидий							
Планируемый эквивалентный одноставочный средневзвешенный тариф на отпуск электроэнергии с учетом государственных субсидий, Тэл'	US\$/МВтч	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00
Объем реализации электроэнергии: $R' = Тэл' \cdot Wотп$	млн.US\$/год	699,048	699,048	699,048	699,048	699,048	699,048
Валовая прибыль: $ВП' = R' - Из$	млн.US\$/год	347,75	354,65	316,55	377,05	499,85	519,62
Чистая прибыль - после уплаты налоговых платежей, ЧП'	млн.US\$/год	190,20	225,79	188,01	208,77	350,60	371,35
Дискретный срок окупаемости инвестиций: $СО' = К / (ЧП' + А)$	лет	14,7	10,1	12,4	14,4	6,1	5,3
Полный срок окупаемости инвестиций: $ПСО' = СО' + Тстр$	лет	20,7	13,1	15,4	19,4	8,1	6,8
Чистый доход за расчетный период: $NV' = ЧП' \cdot Тсл$	млн.US\$	7607,9	9031,5	7520,6	8351,0	10518,0	11140,4
Чистый дисконтированный доход, NPV'	млн.US\$	634,0	752,6	626,7	695,9	1168,7	1237,8
Индекс доходности: $PI' = (K + NPV') / K$	-	1,13	1,23	1,17	1,13	1,42	1,49
Рентабельность инвестиций: $P' = 100 / ПСО'$	%	4,83	7,61	6,50	5,16	12,42	14,63

Сегодня модернизация Российских ТЭС на базе традиционных технологий с заменой турбин и котлов, отработавших свой ресурс на новые, пусть даже с несколько лучшими параметрами, приведет только к еще большему отставанию нашей энергетики от мирового уровня. Устанавливая сегодня новое паротурбинное оборудование взамен изношенного, мы обрекаем себя на использование устаревающих энергетических технологий еще, как минимум, на 40 лет – на период, равный сроку службы этого оборудования. И, если еще всего 3-4 года назад эти вопросы не стояли так остро, то теперь потеря времени без внедрения новых технологий на основе ВИЭ уже недопустима.

Но отметим и другую сторону использования ВИЭ в энергетике. Сейчас развитие возобновляемой энергетики идет в России стихийно. Многие компании хаотично, руководствуясь только погоней за прибылями от использования «бесплатной» энергии от ВИЭ, сооружают солнечные, ветровые установки, малые гидроустановки, станции на биомассе самой разной мощности на различных территориях, не координируя свои действия ни друг с другом, ни с планами развития энергетики России в целом. При этом уже заметными становятся потери прибыли энергетических компаний в области традиционной энергетики. Бессистемное внедрение новых энергетических мощностей привело к тому, что целый ряд существующих электростанций вынуждено эксплуатируется с нагрузкой всего 10...12%. Эти станции, в условиях сложившейся теперь частнособственнической структуры энергетики, теряют не только прибыль, но даже и возможность содержать саму станцию в состоянии высокой готовности к работе. Аналогичные явления в странах ЕС привели сегодня к потерям в энергетике порядка 20 трлн. US\$ [25]. Это говорит о том, что стихийное распространение ВИЭ стало недопустимым.

Следует также помнить и о том, что устойчивость и надежность работы энергетических систем регионов и страны в целом зависит от доли использования ВИЭ в общем объеме системы, пока достаточно неразвиты высокоёмкие устройства аккумуляции электрической энергии. Всех этих проблем можно избежать, если заранее чётко планировать скоординированное размещение новых мощностей в регионах с постепенным выводом устаревших энергогенераторов, с заменой их на новое оборудование на базе ВИЭ, с переводом множества существующих в стране ГЭС в режим гидроаккумуляции (ГАЭС) и переобучением коллективов ТЭС и АЭС для работы с новым оборудованием на базе ВИЭ.

Становится очевидным, что действующие ныне «Проект энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 года» [2] и «Генеральная схема размещения объектов электроэнергетики до 2035 года» [26], в которых перспективная структура энергетических мощностей сохранена на сегодняшнем уровне: с большей долей производства электроэнергии за счёт органического топлива, уже не отвечают мировым тенденциям, социально-экономическим потребностям страны и требуют коренного пересмотра.

Напомним, что, в соответствии с решениями Парижской конференции 2015 года по климату [11], перед мировым сообществом поставлена цель: ограничить рост температуры на планете к 2050 г. в пределах 2 °С. Эта цель может быть достигнута только в том случае, если к 2050 г. использовать не более 10% от уже имеющихся запасов углеводородных топлив. В рамках обозначенных ограничений примерно 80% мировых запасов угля, 50% природного газа и 30% нефти должны будут остаться неиспользованными.

Если данные подходы справедливы, то затраты на разведку и освоение новых месторождений ископаемых топлив не имеют смысла. И необходимо финансировать не разведку и освоение новых месторождений природных топлив, а исследования, направленные на создание новых методов получения энергии без использования этих топлив.

Сегодня основные статьи дохода Государственного бюджета - это отчисления от прибылей корпораций, продающих за границу газ, нефть и уголь. Спрос на ископаемые топлива будет быстро сокращаться. У нас остается не более 10–15 лет для того, чтобы найти источники получения доходов, отличные от экспорта природных углеводородов.

Основная доля российского экспорта углеводородов приходится на страны ЕС. Развитие экономики этих стран приводит к значительному росту потребности в электрической энергии и биотопливе. Поэтому, само собой напрашивается и реше-

ние: планировать источники бюджетного дохода именно за счёт производства в России и экспорта за рубеж энергетической продукции взамен сырьевых компонентов.

Использование возобновляемых источников энергии стало нормой практически во всем мире. Страны же СНГ – исключение из этого правила. Это привело к серьезному отставанию СНГ и, в частности, РФ при создании современной базы развития энергетики.

Следует также помнить и о том, что устойчивость и надежность работы энергетических систем регионов и страны в целом зависит от доли использования ВИЭ в общем объеме системы, пока достаточно неразвиты высокоёмкие устройства аккумуляции электрической энергии. Всех этих проблем можно избежать, если заранее чётко планировать скоординированное размещение новых мощностей в регионах с постепенным выводом устаревших энергогенераторов, с заменой их на новое оборудование на базе ВИЭ, с переводом множества существующих в стране ГЭС в режим гидроаккумуляции (ГАЭС) и переобучением коллективов ТЭС и АЭС для работы с новым оборудованием на базе ВИЭ.

Становится очевидным, что действующие ныне «Проект энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 года» [2] и «Генеральная схема размещения объектов электроэнергетики до 2035 года» [26], в которых перспективная структура энергетических мощностей сохранена на сегодняшнем уровне: с большей долей производства электроэнергии за счёт органического топлива, уже не отвечают мировым тенденциям, социально-экономическим потребностям страны и требуют коренного пересмотра.

Напомним, что, в соответствии с решениями Парижской конференции 2015 года по климату [11], перед мировым сообществом поставлена цель: ограничить рост температуры на планете к 2050 г. в пределах 2 оС. Эта цель может быть достигнута только в том случае, если к 2050 г. использовать не более 10% от уже имеющихся запасов углеводородных топлив. В рамках обозначенных ограничений примерно 80% мировых запасов угля, 50% природного газа и 30% нефти должны будут остаться неиспользованными.

Если данные подходы справедливы, то затраты на разведку и освоение новых месторождений ископаемых топлив не имеют смысла. И необходимо финансировать не разведку и освоение новых месторождений природных топлив, а исследования, направленные на создание новых методов получения энергии без использования этих топлив.

Сегодня основные статьи дохода Государственного бюджета - это отчисления от прибылей корпораций, продающих за границу газ, нефть и уголь. Спрос на ископаемые топлива будет быстро сокращаться. У нас остается не более 10–15 лет для того, чтобы найти источники получения доходов, отличные от экспорта природных углеводородов.

Основная доля российского экспорта углеводородов приходится на страны ЕС. Развитие экономики этих стран приводит к значительному росту потребности в электрической энергии и биотопливе. Поэтому, само собой напрашивается и решение: планировать источники бюджетного дохода именно за счёт производства в России и экспорта за рубеж энергетической продукции взамен сырьевых компонентов.

Использование возобновляемых источников энергии стало нормой практически во всем мире. Страны же СНГ – исключение из этого правила. Это привело к серьезному отставанию СНГ и, в частности, РФ при создании современной базы развития энергетики.

Список литературы:

1. Егoшин А.В., Глобальное потепление: факты, гипотезы, комментарии. – М.: ЕСОТЕСО, www.priroda.ru – 2018.

2. «Проект энергетической стратегии РФ до 2035 года». – М.: Распоряжение правительства РФ от 09.06.2017 №1209-р.
3. Пергаменщик Б.К., Теличенко В.И., Темишев Р.Р., Возведение специальных строительных конструкций АЭС. – М.: МЭИ, 2011 – 240 с.
4. Отказ от ядерной энергетики. – [www.worldnuclearreport.org/The World nuclear Industry Status Report](http://www.worldnuclearreport.org/The_World_nuclear_Industry_Status_Report). 2016.
5. Зайченко В.М., Чернявский А.А., Автономные системы энергоснабжения. – М.: «Недра». 2015 – 285 с., ил.
6. Сидорович В. Развитие ВИЭ в 1918 году. – Plus-one.rbs.ru. 1918.
7. Губарев А., Трансформация энергетики – стратегия России. – Bloomberg New Energy Finance. 2017.
8. Китай и Индия стали лидерами по темпам внедрения солнечной энергетики. – EEnergy.Media / Electrovesty.net, июнь, 2018.
9. Возобновляемые источники выйдут на первое место в энергетике Германии в 2018 году. – Unwysn, DW. – январь 2018. www.aravot-ru.am/2018/01/11.
10. EEnergy.Media / Electrovesty.net – 14.06.2018
11. Конференция по климату в Париже (COP21). – Википедия. 2015.
12. Глобальный отчет состояния возобновляемой энергетики 2016. – Renewable Energy Policy Network for the 21st century – REN21. 2017 – www.ren21.net/gsr
13. Фортов В.Е., Попель О.С., Энергетика в современном мире – Долгопрудный: изд. дом «Интеллект». 2011 – 168 с., ил.
14. Комбинированные энергетические установки на основе суперконденсаторов / Денщиков К.К // Материалы конференции ОИВТ РАН «Результаты фундаментальных исследований в области энергетики и их практическое применение». – М. 2008.
15. EEnergy Media. Генерация и хранение. Во Франции реализуют «идеальный» ВИЭ-проект. – EEnergy.Media / Electrovesty.net. – Май 2018 г.
16. Численное моделирование энерготехнологического комплекса с реактором торрефикации / Директор Л.Б., Зайченко В.М., Синельщиков В.А., // ТВТ, 55:1. – 2017, с. 133-140.
17. Батенин В.М., Бессмертный А.В., Зайченко В.М. и др., Термические методы переработки древесины и торфа в энергетических целях. – www.elibrary.ru. – 2010.
18. Пиролитическая конверсия биомассы в газообразное топливо / Батенин В.М., Зайченко В.М., Косов В.Ф. и др. // – М.: «Наука», ISSN0869 – 5652, том 446, №2, 2012. – с.179.
19. Демьяненко Ю.В., Ильичев В.А., Малышенко С.П. и др., Энергоустановка // Патент РФ №RU2393358. – М.: БИ2010, №6.
20. Государственная программа «Энергоэффективность и развитие энергетики», Утв. Постановлением Правительства РФ от 15.04.2014 №321.
21. Larina O.M., Zaichenko V.M. Energy production from Chicken Manure by Pyrolysis and Torrefaction // Proceedings of the 25th European Biomass Conference and Exhibition EUBCE-2017. – Stockholm, Sweden. – 2017, p.1205-1209.
22. Никоноров С.М., Штепа М.В., Анализ рынка pelletного производства в России / Международная биоэнергетика – www.biointernational.ru. – 2017.
23. Larina O.M., Sinelshchikov V.A., Sitchev G.A. Comparison of Thermal Conversion Methods of Different Biomass Types into Gaseous Fuel // Journal of Physics: Conference Series. – 2016. – Volume 774/012137 / - doi: 10.1088 / 1742-6596/774 / 1 / 012137.
24. Никоноров С.М., Штепа М.В., Анализ рынка pelletного производства в России / Международная биоэнергетика – www.biointernational.ru. – 2017.
25. Традиционная энергетика потеряет 20 триллионов долларов из-за возобновляемых источников энергии. – EEnergy Media / Electrovesty.net, июль, 2018.

26. «Генеральная схема размещения объектов электроэнергетики до 2035 года»,
Утв. Распоряжением Правительства РФ от 09.06.2017 №1209-р.

**PERSPECTIVE DIRECTIONS OF RUSSIA POWER INDUSTRY
DEVELOPMENT**

V.M. Zaychenko¹, A.A. Chernyavskiy²

*¹Joint institute of high temperatures of the Russian Academy of Sciences,
Moscow, 125412, Russia, e-mail: zaitch@oivtran.ru*

*²Rostovteploelectroproyekt institute, Rostov-on-Don, 344002, Russia,
e-mail: info@rotep.ru*

Abstract

In the report the analysis of changes in structure of world power at the present stage is given. The main reasons for these changes are presented. Comparative characteristics of the traditional and nonconventional generating objects are considered. Essential advantages and prospects of use of renewable sources in the Russian power are shown. The reasons of insufficient rates of reorientation of power in the Russian Federation on modern generation technologies are considered.

РАЗВИТИЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В РОССИИ

В.М. Зайченко¹, А.А. Чернявский²

¹*Объединенный институт высоких температур РАН, Москва, 125412, Россия, e-mail: zaitch@oivtran.ru*

²*Ростовтеплоэлектропроект, Ростов-на-Дону, 344002, Россия, e-mail: info@roterp.ru*

Рассмотрено состояние развития солнечной энергетики в мире и в России. Представлены краткие исторические сведения о строительстве солнечных электростанций в России. Перечислены самые большие солнечные электростанции PV. Показано, что суммарная мощность всех солнечных электростанций в России уже превысила 500 МВт.

Последние 5–7 лет солнечные технологии в мире демонстрируют уникальные для энергетического сектора темпы роста установленных мощностей – на уровне 30...40% в год. По этому показателю солнечная энергетика уверенно опережает все остальные энергетические технологии. Такие высокие темпы развития определяются значительным снижением стоимости основного технологического оборудования солнечных электростанций, в первую очередь, стоимости фотоэлектрических модулей для прямого преобразования солнечного излучения в электрическую энергию.

Стоимость первых экспериментальных фотоэлектрических преобразователей (ФЭП), созданных в США в 1954 г., составляла около 250 US\$/Вт [1]. С момента начала серийного производства первых ФЭП в 1977–1978 гг. их стоимость к настоящему времени снизилась почти в 200 раз (см. рис.1). Только за последние 6 – 7 лет стоимость ФЭП на PV-рынках упала втрое. И теперь, по мнению экспертов Аналитического института PROGNOS (Базель), строить новые газовые, угольные и атомные электростанции, по крайней мере, в странах ЕС уже не имеет смысла. По прогнозам крупнейшего банка UBS (Цюрих) отказ от строительства традиционных тепловых и атомных электростанций в Европе произойдет в течение ближайших 10 лет. В азиатских странах инвестиции в сооружение солнечных фотоэлектрических станций (ФЭС), как отмечает General Electric Co., также становятся более выгодными, чем в традиционные ТЭС [2]. Но снижение стоимости гелиооборудования – не единственный фактор высоких темпов развития солнечной энергетики. Существенную роль здесь играет и наращивание объемов производства этого оборудования, переход от мелко и среднесерийного к массовому производству ФЭП, значительное повышение их качества, надежности, долговечности и эффективности в рассматриваемом периоде (рис.2), позволяющее сокращать размеры площадок строительства ФЭС. Так повышение КПД кремниевых монокристаллических ФЭП в 2,5 раза в период с 1960 г. по настоящее время позволяет теперь сооружать ФЭС, занимающие в 2,5 раза меньшие участки дорогостоящей земли, не превышающие размеры площадок тепловых и атомных электро-станций аналогичной мощности.

Анализ многочисленных данных по изменениям в мире стоимости электроэнергии, получаемой с помощью различных технологий, позволил установить, что в 2011–2012 гг. наступил паритет средних цен на электроэнергию, генерируемую солнечными и тепловыми электростанциями. А в 2014 г. сравнялись стоимости электроэнергии на солнечных и ветровых электростанциях. После 2015 г. стоимость «солнечной» энергии в сравнении с «ветровой» стала более низкой. Это и стало основой опережающего развития солнечной энергетики. По оценкам, выполненным аналитиками в 2011 г. [3, 4], широкомасштабное развитие солнечной энергетики прогнозировалось к 2035 – 2040 гг.

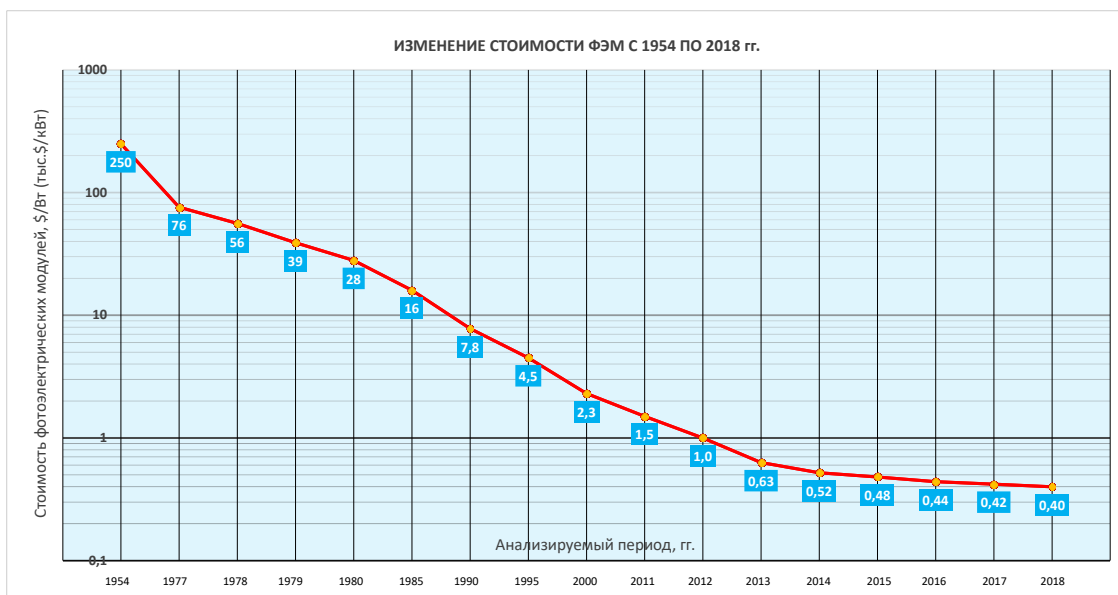


Рис. 1. Падение цен на фотоэлектрические преобразователи в 190 раз с 1977 г.

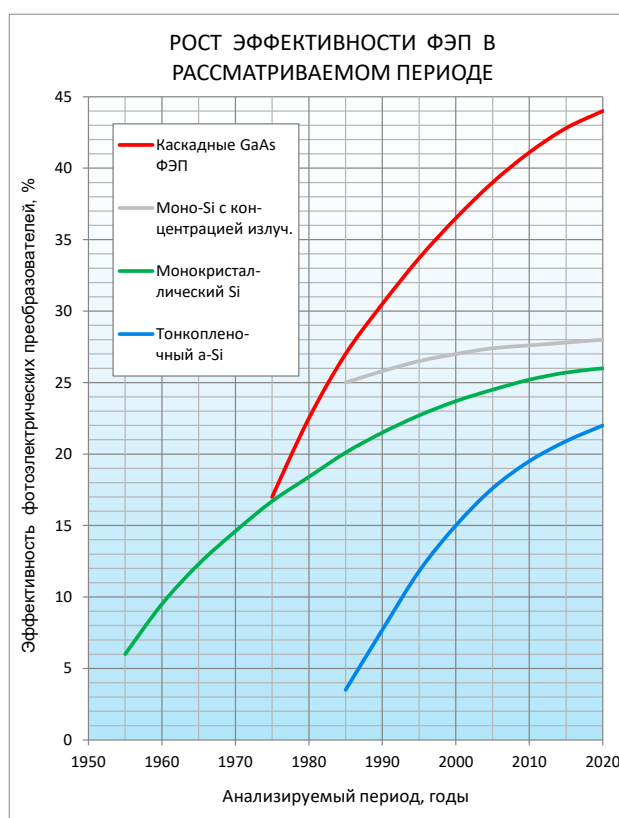


Рис. 2. Изменение КПД ФЭП с 1960 г.

Однако изменение ситуации в настоящее время в сравнении с 2011 г. и продолжающееся дальнейшее усовершенствование солнечных технологий позволяет внести существенные коррективы в эти прогнозы. Теперь, вероятно, можно рассчитывать на вытеснение основных энергетических технологий солнечными на большинстве территорий уже к 2025 – 2030 гг.

Сегодня в мировой практике из «солнечных» технологий наибольшее развитие получили два основных направления, претендующие на широкое развитие в будущем:

- фотоэлектрическое – PV (Photovoltaic Solar Power);
- концентрационное – CSP (Concentrated Solar Power).

PV-электроустановки получили преимущественное распространение на территориях со среднегодовым приходом солнечной радиации 900...1500 кВтч/м². К таким территориям относятся большая часть Европы и значительная часть России.

CSP-технологии, основанные на нагреве высокотемпературного теплоносителя концентрированным солнечным излучением, обеспечивают бóльшую эффективность, чем PV, на территориях со среднегодовым приходом солнечной радиации не менее 1600 кВтч/м². К этим территориям относятся Испания, большая часть африканского континента, страны Юго-Восточной Азии, экваториальной зоны и др. Но и там CSP-системы постепенно вытесняются быстро дешевеющими PV-системами.

В ближайшие годы ведущие китайские компании Jinko, Yingli, Trina и другие намерены уменьшить стоимость своей PV-продукции. Поэтому, для исключения развала европейского PV-рынка, между Китаем и странами ЕС еще в 2013 г. достигнута компромиссная договоренность о минимальной цене поставки китайских ФЭМ в Европу – 0,56 €/Вт и максимальных объемах поставок – 7,0 ГВт/год [4]. В соответствии с этим основные производители ФЭП на европейском рынке, выпускающие монокристаллические и поликристаллические солнечные модули высокого качества и надежности с гарантийными обязательствами не менее 10 лет, после 2013 года резко снизили цены с 2,0...2,5 до 0,56...0,60 €/Вт [5, 6].

Для ФЭС, работающих в автономном режиме, весьма благоприятным фактором является растущий прогресс в области аккумуляирования больших объемов электроэнергии и появление высокоэффективных устройств аккумуляирования на базе принципиально новых технических решений. Создание запаса электроэнергии на ночной период и неблагоприятные погодные условия является одной из основных проблем солнечной энергетики. И появление более дешевых и эффективных аккумуляирующих установок значительно снижает затраты на сооружение солнечных станций с гарантированным энергоснабжением потребителей и резко повышает конкурентоспособность солнечной энергетики.

В России существуют вполне приемлемые условия для использования солнечной энергии практически на всей территории. Но наиболее благоприятные условия солнечной радиации имеют место на юге Европейской части России, в Крыму, на Алтае, на юге и востоке Сибири, на Дальнем Востоке. Именно в этих регионах и развивается сейчас наиболее интенсивно использование солнечной энергии. Причем опережающими темпами до настоящего времени развивалось внедрение солнечных систем теплоснабжения [7], преимущественно, быстрокупаемых систем горячего водоснабжения (ГВС) для сферы жилищно-коммунального хозяйства, организаций рекреационного комплекса, различных промышленных предприятий, общественных и научных учреждений (см. пример на рис.3). В отличие от выработки тепловой энергии, получение электричества из солнечного излучения до настоящего времени было малорентабельным. Экономически выгодным сооружение солнечных электростанций (СЭС) и солнечных электроустановок было только в районах, не имеющих централизованного энергоснабжения, где для получения электроэнергии используют дизельные электроустановки и себестоимость электроэнергии составляет до 40 и более руб./кВтч. Однако в последние годы, в связи с появлением дешевых ФЭП на основе поликристаллического и аморфного кремния, эффективность солнечных фотоэлектрических станций становится вполне приемлемой для значительной части регионов России.

Крупные солнечные фотоэлектрические установки начали появляться в России с 2010 – 2013 гг. В 2010 г. самая большая фотоэлектрическая установка – солнечная электростанция пиковой мощностью 100 кВт. была построена в Яковлевском районе Белгородской области. [7].

В 2013 – 2014 гг. на территории России начали возводиться более крупные солнечные станции – в Дагестане, в Сибири, на Алтае. В декабре 2013 г. в Дагестане

была сдана в эксплуатацию фотоэлектрическая станция мощностью 1000 кВт (рис.4).



Рис. 3. Солнечная станция круглогодичного теплоснабжения радиотелескопа РАТАН-600, Специальная астрофизическая обсерватории РАН, Карачаево-Черкесия



Рис. 4. Фотоэлектрическая станция пиковой электрической мощностью 1000 кВт в г. Каспийске, Республика Дагестан, 2013 г.

Из проектов наиболее крупных СЭС можно отметить разработку института «Ростовтеплоэлектропроект» (РотЭП) по созданию в Кисловодске Ставропольского края солнечной фотоэлектрической станции электрической мощностью 120 МВт [8]. СЭС будет размещаться на выделенной в южных окрестностях Кисловодска площадке – горном плато площадью около 200 га (рис.5). Этот проект ждет своих инвесторов.

Расчёты, выполненные для стоимости ФЭП $\sim 0,5$ тыс.US\$/кВт (32...34 тыс. руб./кВт), свидетельствуют о том, что на Кисловодской СЭС может быть получена себестоимость электроэнергии 0,80...0,85 руб./кВтч. Такая себестоимость уже ниже себестоимости электроэнергии, получаемой на тепловых и атомных электростанциях. Однако при поставке на оптовый рынок энергии и мощности по существующим

ценам – не выше 1,8 руб./кВтч – затраты на сооружение фотоэлектрической СЭС окупаются слишком долго: не менее, чем за 16-18 лет. Для обеспечения приемлемой окупаемости необходима организация государственной поддержки согласно принятому Постановлению Правительства РФ о стимулировании использования ВИЭ [9]. Для таких крупных СЭС значения всех основных экономических параметров оказываются вполне приемлемыми уже при эквивалентном одноставочном тарифе $T = 2,5-2,8$ руб./кВтч.



Рис. 5. Кисловодская СЭС. Общий вид (компьютерное моделирование).

Таким образом, по крайней мере для солнечных регионов России пришло время для широкого использования солнечной энергии не только для систем теплоснабжения, но и для электроснабжения значительной части потребителей. Солнечная электроэнергетика в последние 3 – 5 лет начала развиваться в РФ ускоренными темпами.

Сейчас стала успешно действовать созданная для реализации солнечных проектов компания «Хевел» (совместное предприятие ГК «Ренова» и ОАО «РосНАНО»). В течение 2015...2018 гг. эта компания построила более 200 МВт сетевых ФЭС (без аккумулирования энергии). Самые крупные из этих ФЭС: Сакмарская – 25 МВт и Переволоцкая – 5 МВт в Оренбургской области, Кош-Агачская – 10 МВт (рис.6) и Усть-Канская – 5 МВт на Алтае, Бурибаевская – 20 МВт и Бугульчанская – 15 МВт в Республике Башкортостан. Если еще учесть, что после возвращения Крыма в состав РФ, общий баланс солнечной энергетики в России пополнился мощностью более 300 МВт (ФЭС, построенные в Крыму австрийской фирмой Active Solar), то суммарная мощность всех ФЭС в России превысила к настоящему моменту 500 МВт.



Рис. 6. Кош-Агачская ФЭС на Алтае

В дальнейшем, по мере совершенствования технологий и снижения стоимости ФЭП, при продолжающемся существенном росте себестоимости производства электроэнергии на тепловых и атомных электростанциях, использование фотоэлектрических солнечных электростанций может стать рентабельным практически на всей территории России.

Список литературы:

1. Солнечная энергия сегодня /Альтернативная энергия – Alternative Enrgy, New York. – 2014.
2. В.Сидорович. Возобновляемая энергетика становится безальтернативной // Ведомости, 05.02.2016.
3. Перспективы солнечной энергетики в России / Ю.Кофнер // PvRussia. ru – 2011.
4. Importe von Solarmodulen. Kompromiss umstritten / Ndlein Hans-Cristoph // VDI-Nachr, 2013, № 31-32, p.9.
5. Bekar Europe GmbH, Hamburg, Gemany / [http:// www.bekar-europe.ru/p 13872674/](http://www.bekar-europe.ru/p13872674/)
6. Solet Photovoltaics. Опытный завод PRECIZIKA, Вильнюс, Литва / [http: // www. soletpv.com](http://www.soletpv.com).
7. В.М.Зайченко, А.А.Чернявский. Автономные системы энергоснабжения. – М.: «Недра», 2015. – 236 с., ил.
8. Проект Всероссийского центра солнечной энергетики в Кисловодске / Чернявский А.А. // Энергетик. – 2014, № 3, с.22-25.
9. «О механизме стимулирования использования возобновляемых источников энергии на оптовом рынке энергии и мощности». – Постановление Правительства РФ от 28.05.2013 № 440.

DEVELOPMENT OF THE SOLAR POWER IN RUSSIA

V.M. Zaychenko¹, A.A. Chernyavskiy²

¹*Joint institute of high temperatures of the Russian Academy of Sciences,
Moscow, 125412, Russia, e-mail: zaitch@oivtran.ru*

²*Rostovteploelectroproyekt institute, Rostov-on-Don, 344002, Russia,
e-mail: info@rotep.ru*

Abstract

The states of affairs with the development of solar energy in the world and in Russia are considered in the report. Brief historical information about construction of solar power stations in Russia is given. The largest operating and designed solar PV power plants are listed.

It is shown that the total power of all solar power stations in Russia already exceeded 500 MW.

МОНИТОРИНГ ТРАНСФОРМАЦИИ МНОГОЛЕТНИХ НАСАЖДЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ СИМФЕРОПОЛЬСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ КРЫМ

О.В. Закаличная¹, А.Ю. Мельничук²

Академия биоресурсов и природопользования, ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», г. Симферополь, 295492, Российская Федерация, e-mail: ¹olgazacalik555@mail.ru, ²omelnichuk61@mail.ru

Современный уровень развития социально-экономических отношений характеризуется увеличением антропогенного воздействия на территорию и возрастанием застроенных площадей. В районах с ведущей сельскохозяйственной направленностью такая тенденция должна способствовать переходу отрасли на интенсивный путь развития за счет рационального использования земельных ресурсов и возделывания наиболее перспективных и рентабельных культур с учетом местных условий. В связи с этим, ретроспективный анализ и мониторинг процессов трансформации земель сельскохозяйственного назначения является актуальной задачей.

В общем смысле под «трансформацией» понимается преобразование или видоизменение целевой направленности деятельности [1, 2]. В землеустройстве под трансформацией, подразумевается процесс перевода одних угодий в другие, который часто отождествляют с переводом земель в иную категорию [3, 4]. Наиболее полно, но недостаточно на наш взгляд, трансформация угодий с позиций организационно-хозяйственных, технологических и правовых норм рассмотрена С.Н. Волковым [4]. В большинстве случаев, вопросы трансформации рассматриваются неразрывно с рациональным использованием земельных угодий в пределах одной категории. Как правило, предпосылки трансформации возникают под влиянием природно-ресурсного потенциала территории и уровня рентабельности производства.

Регулирование трансформации земель в настоящее время осложнено отсутствием законодательных актов. Единичный опыт в условиях Ставропольского края не показал положительных результатов [5]. Поэтому выявление тенденций трансформации угодий на местном уровне возможно при помощи методов мониторинга.

Мониторинг земельных ресурсов определяется как «система наблюдений за состоянием земель для своевременного выявления изменений, их оценки, предупреждения и устранения последствий негативных процессов» [4]. В условиях недостаточной достоверности и своевременности сведений о фактическом использовании земель обширных территорий (районов, областей) наиболее информативен дистанционный мониторинг, который позволяет в оперативном режиме получать необходимые сведения, а также на их основе производить ретроспективный анализ.

В качестве пилот-территории избран Симферопольский район, который характеризуется высокой сельскохозяйственной освоенностью территории (68,9 %), эффективностью отраслей плодоводства и виноградарства [9], а также урбанизацией территорий, прилегающих к г. Симферополю. Мониторинг трансформации земель в районе осложнен отсутствием своевременных и достоверных сведений о распределении земельного фонда, в связи с выполнением ряда Федеральных целевых программ (после 2014 г.), поэтому исследуемый период охватывает 1980 – 2014 г.г.

С целью мониторинга трансформации угодий под многолетними сельскохозяйственными насаждениями использованы планы землепользований хозяйств (по состоянию на 1980 г.), а также спутниковые снимки высокого и сверхвысокого разрешений Landsat 8 OLI, Sentinel-2 (2014, 2019 г.г.) [6]. В качестве дополнительных материалов применялись статистические данные об использовании земельного фонда [7, 8]. Анализ выполнен с помощью программного обеспечения ESRI ArcGIS 9.3,

SAS.Планета и обработан с использованием Microsoft Excel. Нами было выделено 623 контура (площадью от 1 до 240 га) трансформированных угодий под многолетними сельскохозяйственными насаждениями.

Проанализируем динамику площадей и структуру земель сельскохозяйственного назначения в Симферопольском районе в период с 1980 г. по 2014 г. Сельскохозяйственные угодья района представлены пашней, сенокосами, пастбищами и многолетними насаждениями (сады, виноградники, ягодники, питомники) (табл. 1).

Таблица 1

Динамика площадей и структура земель сельскохозяйственного назначения Симферопольского района [6-8]

Состав земель сельскохозяйственного назначения	Площадь, тыс. га					Отклонение (2014 г. к 1980 г.)
	1980 г.	1990 г.	2000 г.	2010 г.	2014 г.	
Сельскохозяйственные угодья, в том числе:	120,5	121,3	121,8	121,7	120,8	+0,3
пашня	74,5	82,3	84,8	89,7	89,4	+14,9
многолетние насаждения, в том числе:	21,4	15,9	14,1	12,0	11,8	-9,6
сады	7,3	6,4	6,0	5,2	5,2	-2,1
косточковые	1,7	1,6	1,5	1,4	1,4	-0,3
семечковые	5,1	4,3	4,1	3,7	3,7	-1,4
орехоплодные и другие	0,5	0,5	0,4	0,1	0,1	-0,4
виноградники	13,1	8,4	7,0	5,7	5,7	-7,4
ягодники	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	-0,1
питомники	0,8	0,9	0,9	0,9	0,8	0,0
сенокосы	0,1	0,1	0,5	0,4	0,4	+0,3
пастбища	24,5	21,6	21,0	19,6	19,2	-5,3
залежи	0,002	1,4	1,4	-	-	-0,002
Под хозяйственными строениями и сооружениями, путями и прогонами	5,6	5,6	4,6	4,6	4,6	-1,0
Под защитными лесными насаждениями	4,5	4,5	2,5	2,5	2,5	-2,0
Водные объекты (каналы, канавы, пруды)	0,4	0,5	0,6	0,6	0,6	+0,2

За исследуемый период отмечается сокращение площадей под многолетними насаждениями (на 9,6 тыс. га) и увеличение площади пашни (на 14,9 тыс. га). Согласно планам землепользования хозяйств [6], площадь многолетних насаждений в 1980 г. в Симферопольском районе составляла 21,4 тыс. га, что в 1,8 раза превышает состояние на 2014 г. (11,8 тыс. га). Сокращение площадей под многолетними насаждениями на 55,1 % обусловлено проведением мероприятий в рамках антиалкогольной кампании 1985-1990 г.г., а также раскорчевкой неплодоносящих садов. На территории района отмечена повсеместная трансформация этих угодий в пашню (85,1 % площади трансформированных угодий), пастбища (11,9 %) и застроенные территории (3 %), при этом, проекты трансформации земель не разрабатывались.

В период 2000-2014 г.г. наблюдался перевод земель сельскохозяйственного назначения в другую категорию в целях строительства гелиоэлектростанций (сельские поселения: Перовское – 211,7 га, Николаевское – 116 га, Родниковское – 14,9 га) [10]. При этом, только в Николаевском сельском поселении на территории ранее раскорчеванных многолетних насаждений было осуществлено строительство гелиоэлектростанции (0,5 % общей площади трансформированных угодий).

За исследуемый период отмечается предоставление территорий под ранее раскорчеванными многолетними насаждениями гражданам и кооперативам для целей ведения дачного и садово-огороднического хозяйства в Добровском, Мирновском, Чистенском и Молодежненском сельских поселениях (9,1 % общей площади транс-

формированных угодий). Наибольшие трансформированные площади (более 1000 га) расположены в Добровском и Николаевском сельских поселениях (рис. 1).

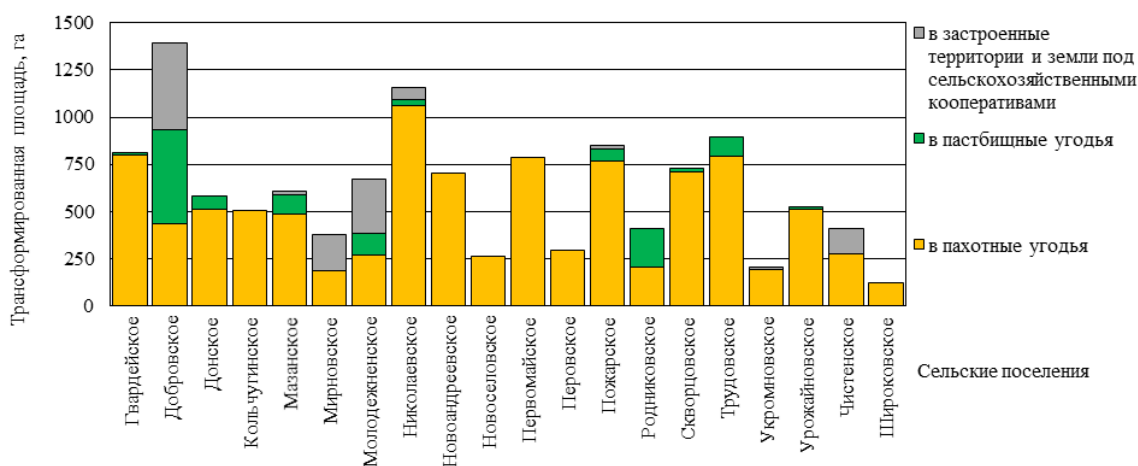


Рис. 1. Распределение трансформированных площадей многолетних насаждений по сельским поселениям Симферопольского района

Анализ пространственной локализации процессов трансформации угодий под многолетними насаждениями позволил установить, что трансформация угодий в садоводческие и огороднические кооперативы происходила в непосредственной близости к населенным пунктам, образующим сельские поселения (на расстоянии 0-10 км). Сопоставление площадей трансформированных угодий и их удаленности от населенных пунктов, образующих сельские поселения, позволил построить диаграмму рассеяния процессов трансформации (рис. 2).

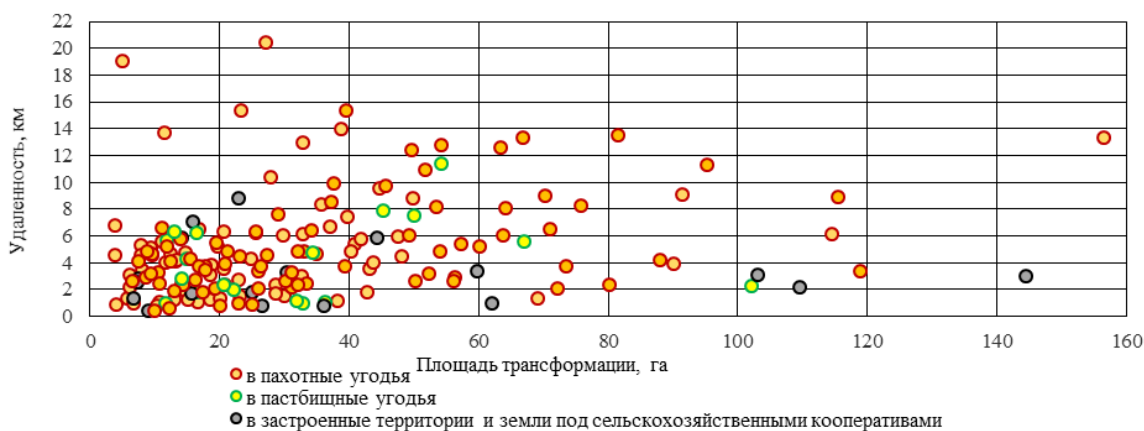


Рис. 2. Диаграмма рассеяния площадей трансформированных угодий под многолетними насаждениями по показателю удаленности от населенных пунктов, образующих сельские поселения

Выявлено, что 78,3 % трансформированных площадей под многолетними насаждениями за исследуемый период расположены на расстоянии не более 8 км от населенных пунктов, образующих сельские поселения. Наличие «выбросов» на диаграмме рассеяния позволяет предположить, что в условиях района процессы трансформации приурочены не только к административным центрам сельских поселений, но и к специфическим природно-климатическим особенностям территории.

В результате проведенного анализа выявлено, что на процессы трансформации сельскохозяйственных угодий в районе влияет местоположение угодий по отношению к административным центрам. Также установлено, что это не единственный фактор трансформации угодий. В дальнейшем нами планируется анализ и определение последствий трансформации площадей под многолетними сельскохозяйственными насаждениями на новом этапе социально-экономического развития района (с

2014 г.), а именно в условиях интенсификации строительства объектов линейной инфраструктуры.

Список литературы:

1. Райзберг Б. А., Лозовский Л. Ш., Стародубцева Е. Б. Современный экономический словарь. М. : Инфра-М, 2015. 512 с.
2. Ожегов С. И., Шведова Н. Ю. Толковый словарь русского языка. М. : Мир и образование, Оникс, 2011. 736 с.
3. Балашенко В. В., Логинов В. Г. Трансформация земельных ресурсов и обеспечение сбалансированности землепользования // Известия УГГУ. 2018. Вып. 1 (49). С. 17–122. doi 10.21440/2307-2091-2018-1-117-122
4. Волков С. Н. Землеустройство. Т. 2. Землеустроительное проектирование. Внутрихозяйственное землеустройство. М. : Колос, 2001. 648 с.
5. Елисеев В. С. Проблемы защиты государственных интересов при незаконном использовании земель сельскохозяйственного назначения (на примере рационального использования и трансформации сельскохозяйственных угодий) // Вестник Университета имени О. Е. Кутафина. 2017. № 2 (30). С. 81-86. doi: 10.17803/2311-5998.2017.30.2.081-086
6. Альбом планов землепользований хозяйств Симферопольского района Крымской области // Крымский филиал инст. «Укрземпроект». 1980 г. 31 с.
7. Структура, динамика и распределение земельного фонда Симферопольского района Республики Крым (по состоянию на 01.01.2000-01.01.2014 годы) // Респ.комитет по земельным ресурсам. Симферополь. : [б. и.]. 2000-2014 гг.
8. Основные показатели Симферопольского района (1966-2000 годы) // Адм. Симферопольского района. Симферополь. : [б. и.]. 1966-2000 гг.
9. Научно-обоснованная стратегия развития агропромышленного комплекса Крыма до 2020 г. / Под общ. ред. Паштецкого В.С. Симферополь. : ИТ «АРИАЛ», 2016. 132 с.
10. Портал услуг «Публичная кадастровая карта» [Электронный ресурс]. URL: <http://pkk5.rosreestr.ru/>. Загл. с экрана.

**MONITORING OF TRANSFORMATION PERENNIAL PLANTS
IN THE SIMFEROPOL DISTRICT OF THE REPUBLIC OF CRIMEA**

O.V. Zakalichnaya¹, A.Yu. Melnichuk²

*Academy of Bioresources and Natural Management, V. I. Vernadsky Crimean
Federal University, Simferopol, 295492, Russian Federation,
e-mail: ¹olgazacalik555@mail.ru, ²omelnichuk61@mail.ru*

Abstract

The article deals with the monitoring of the transformation of land on the example of perennial agricultural plantations located in the Simferopol district. Using the methods of remote monitoring of identified 623 contours of the transformed land. The dynamics and structure of agricultural land for the period from 1980 to 2014 are analyzed. The analysis revealed that during the study period in the area perennial plantations were transformed into arable (85.1 %), pasture (11.9 %), built-up areas and land under agricultural cooperatives (3 %). Based on results this study suggests further analysis of the current state of land under perennial agricultural plantations, and clustering of land for the types of appearance of the reasons for the transformation.

УДК 504.6

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ФГУП «ПО «МАЯК»

Ю.А. Занора¹

¹ФГУП «ПО «Маяк», г. Озерск, 456780, Россия, e-mail: cpl@po-mayak.ru

Федеральное государственное унитарное предприятие «Производственное объединение «Маяк» (ФГУП «ПО «Маяк») находится на восточном склоне Южного Урала в междуречье рек Течи и Мишеляк, вблизи городов Кыштым и Касли на территории ЗАТО Озёрского городского округа. Промышленная площадка ФГУП «ПО «Маяк» занимает площадь 247,8 км², граница которой совпадает с внешней границей санитарно-защитной зоны.

Предприятие создавалось в конце сороковых годов прошлого века для получения оружейного плутония и переработки делящихся материалов с целью создания паритета в области ядерного оружия. В 1945 году Правительство СССР приняло ряд кардинальных решений, направленных на разработку государственной программы создания новой отрасли промышленности, предназначенной для производства собственного ядерного оружия. Создание нового производства было определено постановлением СНК СССР от 1 декабря 1945 года, которое утвердило площадку под строительство завода № 817 (первое название предприятия). Датой рождения предприятия принято считать 19 июня 1948 года, когда был пущен первый промышленный уран-графитовый реактор.

Чрезвычайно высокие темпы создания новой, не имеющей технических аналогов отрасли промышленности, строительства и ввода в эксплуатацию новых производств, разработки уникального технологического оборудования, отсутствие научных знаний и технологического опыта обусловили серьезные проблемы в области охраны окружающей среды и здоровья человека.

В настоящее время на ФГУП «ПО «Маяк» очень внимательно относятся к решению проблем экологии и «ядерного наследия» [1]. На предприятии существует экологическая служба, в состав которой входят должностные лица и структурные подразделения предприятия, непосредственно отвечающие и участвующие в работах по выполнению природоохранных требований и природопользованию, обеспечению экологической и радиационной безопасности для окружающей среды и населения, проживающего в зоне влияния предприятия. Структура и материально-техническое обеспечение структурных подразделений, входящих в состав экологической службы, определяются в зависимости от объема, характера, территориального распределения работ таким образом, чтобы обеспечить эффективное решение экологических задач.

Экологическую службу возглавляет руководитель экологической службы – главный инженер ФГУП «ПО «Маяк». Советник генерального директора по науке и экологии линейно подчинен руководителю экологической службы, является его первым помощником.

В состав экологической службы входят служба экологии, отдел планирования и контроля экологической деятельности, центральная заводская лаборатория, группа лаборатории автоматизации приборно-механического завода и структурные единицы подразделений, в основные обязанности которых входят работы по природопользованию и охране окружающей среды.

Основной задачей экологической службы ФГУП «ПО «Маяк» в соответствии с законом № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» является обеспечение природоохранной деятельности предприятия, которая направлена на решение задач в области природопользования и охраны природы, таких как:

- Сохранение природной среды.
- Рациональное использование природных ресурсов в части водопользования, землеустройства и использования недр.
- Обеспечение выполнения требований законодательных и нормативных актов в области охраны окружающей среды и природопользования.
- Ликвидация последствий негативного воздействия предыдущей производственной деятельности на окружающую среду, реабилитация ранее загрязненных и нарушенных территорий.
- Проведение экологического контроля по соблюдению норм воздействия на окружающую среду при осуществлении структурными подразделениями ФГУП «ПО «Маяк» производственной и хозяйственной деятельности.
- Своевременное принятие мер по предотвращению загрязнения окружающей среды и экологических аварий.
- Сокращение образования отходов производства и обеспечение их безопасного хранения и захоронения.
- Подготовка и обучение персонала для осуществления природоохранной деятельности и рационального природопользования, достижения целевых и плановых экологических показателей.
- Обеспечение информацией руководства ФГУП «ПО «Маяк» и государственных контролирующих органов о текущей экологической ситуации и динамике ее изменения, необходимой для эффективного управления состоянием экологической и радиационной безопасности для окружающей среды и населения, проживающего в зоне влияния ФГУП «ПО «Маяк».



Рис. 1. Структура экологической службы ФГУП «ПО «Маяк»

Список литературы:

1. Отчет по экологической безопасности за 2018 год [Текст]: А.И. Алексахин, Ю.Г. Мокров. – Озерск, 2019. – 64 с.

KEY AREAS OF ENVIRONMENTAL ACTIVITY OF THE MAYAK PRODUCTION ASSOCIATION

Yu.A. Zanora¹

¹Federal State Unitary Enterprise Mayak Production Association,
Ozyorsk, 456780, Russia, e-mail: cpl@po-mayak.ru

Abstract

The main activities carried out at the Mayak PA in pursuit of implementation of environmental policy of the facility are analyzed. The environmental service of the facility is described in detail; the main problems solved by its subdivisions are identified. Milestones to be achieved, when solving environmental problems, are provided for the next few years.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АДСОРБЕНТА ПРИ РЕГЕНЕРАЦИИ ТЕПЛОТЫ И ВЛАГИ В РЕГИОНАХ С СУБТРОПИЧЕСКИМ КЛИМАТОМ

К.П. Захаров¹; Г.К. Дрынкин¹; И.В. Мезенцев²

¹ФГБОУ ВО "НГАСУ (Сибстрин), Новосибирск, 630008, Россия,
e-mail: kpzakharov@gmail.com

²Институт теплофизики СО РАН, Новосибирск, 630090, Россия,
e-mail: mezn@itp.nsc.ru

Немаловажным звеном жизнеобеспечения жилого дома является система вентиляции. Она должна обеспечивать замену воздуха в помещении с определенной кратностью воздухообмена, т.е. создавать комфортные тепло-влажностные условия с учетом климатических особенностей региона. В реальности системы приточной вентиляции в жилом строительстве просто отсутствуют. В таком случае изменяется состав воздуха в помещении. Так в работе [1] проведена оценка качества воздуха, выявлены показатели, отрицательно влияющие на здоровье человека, вплоть до инвалидности. В работе [2] был исследован состав воздуха в построенных домах в Литве. Было установлено, что концентрация формальдегида была выше предельного значения. Это связано с оформлением интерьера до заселения. В нескольких зданиях наблюдались чрезвычайно высокие концентрации бензола, толуола и др. Проведенные исследования демонстрируют важность обеспечения эффективной работы вентиляции, которая гарантирует высокое качество воздуха в домах.

В субтропических регионах России (например, Краснодарский край) наблюдаются повышенные значения температуры и влажности окружающего воздуха. Для поддержания микроклимата в зданиях широкое распространение получили кондиционеры. Работа таких устройств не обеспечивает поступление свежего воздуха. Применение бытовых кондиционеров ведет к ряду недостатков: повышенное потребление электроэнергии, отсутствие воздухообмена, что приводит к высушиванию воздуха в помещении до 35-40%, а это является причиной заболеваний слизистой оболочки глаз, носоглотки, раннего старения кожи.

Для организации простого воздухообмена открываются окна, что приводит к поступлению теплого и влажного воздуха. И в дальнейшем основная часть затрат обусловлена расходом электроэнергии на нужды кондиционирования помещений (до 50%). С учетом масштаба затрат на поддержание комфортного уровня температуры и влажности в условиях жаркого и влажного климата, актуальна экономия даже нескольких процентов затрачиваемой энергии. В настоящее время лучшие модели кондиционеров не могут обеспечить требования норм воздухообмена в системе вентиляции.

Для решения поставленной задачи предлагается использовать новый способ поддержания микроклимата в зданиях на основе регенерации тепла и влаги при реверсивных течениях влажного воздуха через систему «адсорбент - теплоаккумулирующая среда». По существу, идея регенеративной системы поддержания микроклимата с использованием адсорбента довольно проста (рис.1.).

Принцип работы следующий: комнатный воздух из помещения продувают с помощью вентилятора через слой теплоаккумулирующей насадки, которая прогревается до комнатной температуры. Далее воздух поступает в адсорбент и потом выбрасывается наружу. Через определенное время направление движения воздуха изменяется на обратное (осуществляется реверс). Горячий и влажный воздух, поступающий с улицы, осушается в слое адсорбента, а в слое теплоаккумулирующей насадки он «охлаждается» до комнатной температуры, затем поступает в помещение с опти-

мальными термо-влажностными показателями. Предлагаемая технология, основанная на использовании адсорбционного материала, в области энергосберегающих решений не имеет пока аналогов и должна быть конкурентоспособна для систем поддержания комфортного микроклимата в помещениях. Ключевым моментом, обеспечивающим эффективность предлагаемого решения, является использование в системе кондиционирования/вентиляции адсорбента, который работает как буфер влаги. В работе [3] изучалось применение адсорбентов в системе вентиляции, показано что их использование позволяет эффективно регулировать влажность выходного воздушного потока как на стадии адсорбции воды (осушки воздуха), так и на стадии десорбции (увлажнения воздуха). Кроме того, изменением степени модификации сорбента, размера его гранул, а также времени контакта с воздушным потоком можно регулировать степень осушки и увлажнения. Использование адсорбентов с заранее заданными свойствами является современным трендом в материаловедении [4-7]. Наиболее перспективными адсорбентами, по-видимому, следует считать композитные поглотители на основе пористых матриц, модифицированных гигроскопичными солями [7,8].

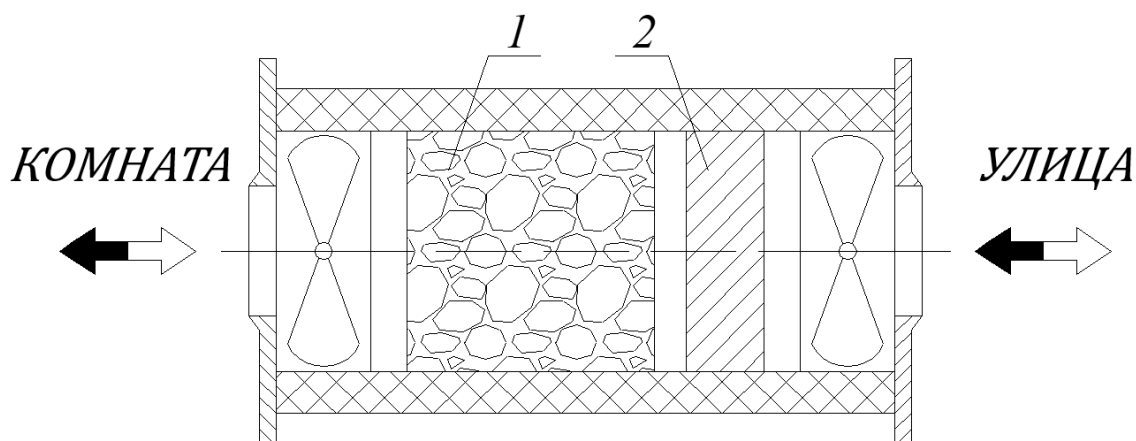


Рис. 1. Регенеративная система «адсорбент - теплоаккумулирующая среда»
(1 – теплоаккумулирующая среда, 2 – адсорбент).

Предлагаемый подход к проблеме поддержания микроклимата в помещениях, основанный на использовании адсорбционного материала, в области энергосберегающих решений не имеет пока аналогов. Использование соответствующего адсорбента "в связке" с теплоаккумулирующей средой в реверсивных режимах течения позволит быть конкурентоспособной технологией для систем поддержания комфортного микроклимата в субтропических регионах России.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-08-00694.

Список литературы:

1. Salis L. Towards the definition of indicators for assessment of indoor air quality and energy performance in low-energy residential buildings / L. Salis, M. Abadie, P. Wargocki, C. Rode // *Energy and buildings*. – 2017. – Vol. 152. – P. 492 – 502.
2. Kauneliene V. Indoor air quality in low energy residential buildings in Lithuania / V. Kauneliene, T. Prasauskas, E. Krugly, I. Stasiulaitiene, D. Ciuzas, L. Seduikyte, D. Martuzevicius // *Building and environment*. – 2016. – Vol. 108. – P. 63 – 72.
3. Aristov Yu.I. Investigation of the moisture exchange in a stationary adsorbent layer through which air is passed / Yu.I. Aristov, I.V. Mezentsev, V.A. Mukhin // *Journal of Engineering Physics and Thermophysics*. – 2005. – Vol. 78(2). – P. 248 – 255.

4. Saha B. Innovative materials for processes in energy systems for fuel cells, heat pumps and sorption systems. / B. Saha, A. Chakraborty, K. Ng. – Research Publishing Service, Singapore, 2010. – 128 p.
5. Li Y. A review on adsorption refrigeration technology and adsorption deterioration in physical adsorption systems / Y. Li, D. Wang, D. Li, Y. Xia, J. Zhang // *Renewable Sustainable Energy Rev.* – 2010. – Vol. 14. – P. 344 – 353.
6. Wang R. Adsorption Refrigeration Technology: Theory and Application. / R. Wang, L. Wang, J. Wu. J. – New York: Wiley, 2014. – 494 p.
7. Aristov Yu.I. Challenging offers of material science for adsorption heat transformation: A review // *Appl. Therm. Eng.* – 2013. – Vol. 50. – P. 1610 – 1618.
8. Gordeeva L.G. Composites “salt inside porous matrix” for adsorption heat transformation: a current state of the art and new trends / L.G. Gordeeva, Yu.I. Aristov // *Int. J. Low Carbon Technol.* – 2012. – Vol. 7. – P. 288 – 302.

**ADSORBENT FOR HEAT AND MOISTURE REGENERATION
IN REGIONS WITH SUBTROPIC CLIMATE**

A.P. Zakharov¹, G.K. Drynkin¹, I.V. Mezentsev²

¹*Novosibirsk state university of architecture and civil engineering (Sibstrin),
Novosibirsk, 630008, Russia, e-mail: kpzakharov@gmail.com*

²*Institute of Thermophysics SB RAS,
Novosibirsk, 630090, Russia, e-mail: mezn@itp.nsc.ru*

Abstract

The technology of maintenance of a comfortable microclimate indoors for subtropical regions of Russia with use of the adsorbent is presented in this work. Application of the adsorbent with using the veering flow of air allows maintaining the optimum humidity indoors.

УДК 621.472

ВОПРОСЫ АНАЛИЗА ТИПИЧНЫХ ГРАФИКОВ ЭЛЕКТРОНАГРУЗОК ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ПРИ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИИ ИХ ОТ СОЛНЕЧНОЙ СТАНЦИИ

Р.А. Захидов, А.И. Анарбаев, У.А. Таджиев

*Научно-технический центр АО «Узбекэнерго», г. Ташкент, 100204,
Республика Узбекистан, e-mail: anizan6004@mail.ru*

В настоящее время потенциальный интерес к солнечным станциям связан в основном с тем, что они позволяют уменьшить зависимость страны от традиционных источников энергии, в частности от топлива. Кроме того, они могут оказать благоприятное влияние на состояние окружающей среды в данном районе. Однако, чтобы солнечные станции были эффективно вписаны в сеть электропередач, они должны быть разработаны с учетом трех типов ограничений, а именно: характера поступления солнечной радиации, необходимости согласования с графиком потребления электроэнергии и экономическими требованиями.

Характеристики прихода солнечной радиации подробно рассмотрены авторами в статье [1]. Причем следует отметить разницу астрономических изменений прихода солнечной радиации, которые можно предусмотреть заранее, и случайные (метеорологические) колебания. Если в пустынных зонах последние, как правило, происходят замедленно, то в районах с умеренным климатом, где облака перемещаются с большой скоростью, они могут быть очень резкими.

Характеристики энергетических потребностей. Характер работы солнечной энергетической станции зависит от социальной, промышленной и экономической структуры района. Схематически можно выделить следующие типы районов республики:

- район, связанный с объединенной энергосистемой; последняя будет иметь разный характер в зависимости от того идет ли речь о промышленно развитом регионе страны или нет;
- города со слабо развитой промышленностью в пустынной или полупустынной местности;
- изолированные промышленные центры (например, связанные с горной, металлургической, нефтехимической промышленностью и др.);
- небольшие изолированные поселки.

Графики потребления электроэнергии. В условиях Узбекистана изменения режима потребления энергии могут быть весьма значительными. Так, в течение суток потребная мощность может изменяться в два раза; для годового промежутка соотношение между максимальной и минимальной мощностями может достигать в некоторых сетях значения, равного трем [2].

Развитие производств с непрерывными технологическими процессами способствует выравниванию графиков нагрузки, однако повышение удельного веса бытового и коммунального, сельскохозяйственного потребления, в частности введение новых систем машинного орошения, увеличивает неравномерность графиков нагрузок энергетической системы.

В энергосистеме Узбекистана максимальная потребность в электроэнергии возникает в светлое время суток, что создает благоприятные условия для применения солнечных станций с ограниченной по емкости аккумулирующей системой.

Потребление электроэнергии растет, начиная с 7 часов утра, и стабилизируется в течение дня, за исключением периода между 13 и 15 часов. Явно выражен пик, соответствующий вечерним часам после захода солнца (с 18 до 24 часов).

Летом общий характер кривой такой же, но пик смещается в сторону интервала между 20 часов вечера и 2 часами ночи. Отношение минимальной и максимальной мощностей изменяется в течение года в пределах $0,5 \div 0,8$. Среднее значение потребной мощности составляет $\sim 70\%$ максимальной.

Такая сеть должна быть оснащена базовыми станциями, работающими в течение $5000 \div 8000$ часов в год, промежуточными станциями, работающими $2000 \div 5000$ часов в год, и пиковыми станциями, действующими менее 2000 часов в год.

Для городов со слаборазвитой промышленностью отмечается резко выраженный пик в период от 20 часов вечера до 2 часов ночи, обусловленный расходами на бытовые нужды. Коэффициент нагрузки изменяется в течение года в пределах $0,3 \div 0,5$. Располагаемая мощность составляет несколько десятков мегаватт (например, $5 \div 50$ МВт).

Базовая и промежуточная нагрузки могут быть обеспечены одной и той же станцией. Действительно, станция, работающая в среднем с нагрузкой 80% , может быть форсирована до $90 \div 100\%$ в течение ~ 1500 часов в год, с тем чтобы покрыть промежуточную нагрузку, и будет работать на уровне 60% своей максимальной мощности в течение 500 часов в год. Пиковые нагрузки возможны в течение ~ 2000 часов в год.

Изолированные промышленные центры. Потребная мощность для таких центров может достигать нескольких сот мегаватт. Чаще всего они работают круглые сутки. В этих условиях потребность в электроэнергии практически постоянна и обеспечивается базовыми станциями.

Небольшие изолированные поселки. Поселки с населением менее 5000 жителей не имеют промышленных предприятий. Потребность в электроэнергии обычно обеспечивается дизельными установками, работающими по нескольку часов в сутки, как правило, между 20 и 24 часами вечера. Потребная мощность колеблется в основном от нескольких десятков до нескольких сот киловатт (максимум 2 МВт). Днем установка чаще всего используется для подъема воды.

Современные типы станций. Большое разнообразие современных средств производства электроэнергии объясняется многими местными особенностями (например, гидрологическими условиями, топливными ресурсам и т.п.), но главным образом оно определяется сложной задачей удовлетворения колебаний потребления энергии.

Существуют следующие типы станций:

а) Станции, предназначенные для обеспечения базовой нагрузки (более 5000 часов в год):

- гидростанции на стоке. Их выработка зависит от мгновенного дебита реки и в связи с этим испытывает значительные сезонные (и случайные) колебания. Так, например, в июле можно получить в 3 раза больше энергии, чем в январе.

- тепловые станции на ископаемом топливе. Речь идет о мощных станциях (несколько сот мегаватт), на которых используются термодинамические циклы с высоким к.п.д.

Вследствие большой тепловой инерции такие станции не могут быть пригодны в случаях, когда требуются частые пуски и остановки.

б) Станции для покрытия промежуточных нагрузок ($2000 \div 5000$ часов в год) и пиковых нагрузок (от нескольких сот до 2000 часов в год):

- гидроэлектростанции с аккумулярованием (водохранилище питается естественным путем) и станции с перекачкой воды с помощью, турбин;

- теплоэлектростанции с упрощенным паровым циклом, станции с двумя суточными режимами пуск - останов (станции дневного действия);

- газотурбинные станции, станции с комбинированными парогазовыми циклами;

- дизельные электростанции.

В табл.1 приведены некоторые характеристики этих станций, относящиеся к скорости их запуска и способности реагировать на колебания нагрузки.

Как видно из этой таблицы, мощная сеть может за короткое время приспособиться к значительным колебаниям нагрузки. Считается, что выход из строя станции мощностью, достигающей 10% суммарной мощности сети, не оказывает существенного влияния на работоспособность системы.

Таблица 1

Типичные значения некоторых характеристик существующих станций

Тип станции		Колебания мощности
Атомные Водо-водяной реактор и кипящий реактор, 1000 МВт	Несколько часов	40-100% нагрузки. Скачки 10% (менее чем за 10 с). Нарастание 0,5% в 1 мин
Тепловые с паровым циклом на ископаемом топливе		
Базовые станции с повышенным к.п.д., 500 ÷ 1000 МВт	Несколько часов	
Станции с двумя суточными режимами пуск-останов (для покрытия промежуточной нагрузки с промежуточным перегревом), 500 МВт	4,5 часа (для запуска горячей турбины 1 час, после останова 8 часов)	75% нагрузки. Скачки в - 12% (менее чем за 10 секунд). Нарастание 1 -2% в 1 мин
Станции для покрытия пиковых нагрузок без перегрева, 150 МВт	17 минут (для запуска горячей турбины 13 мин)	
Малые турбины с противодавлением, < 5 МВт	10 секунд (только турбина)	отсутствуют
Газовые турбины	Несколько минут	отсутствуют
Гидротурбины	Несколько минут	Возможны скачки на 20%

Экономическая оценка солнечных станций. Решение о строительстве солнечных энергетических станций должно приниматься, исходя главным образом из стоимости производимой ими энергии [3]. Эта стоимость будет зависеть от характера нагрузки (пиковая, промежуточная или базовая), для покрытия которой требуется энергия. При этом учитываются факторы: надежность, простота, энергетическая автономность, воздействие на окружающую среду.

Солнечная станция, так же как и гидростанция, требует крупных капиталовложений. После постройки в связи с отсутствием затрат на топливо следует использовать каждую минуту солнечного сияния подобно тому, как для гидроэлектростанций, работающих на стоке, стремятся непрерывно подавать на турбины наличный дебит воды.

Возможные режимы работы солнечных станций в зависимости от характера нагрузки и солнечного климата. Включение солнечной станции в энергосистему может осуществляться по следующим схемам:

1. Простая солнечная станция, т.е. станция без аккумуляирования и без вспомогательных источников энергии, которая строится в районе существующей сети. Максимальная мощность этой станции выбирается таким образом, чтобы она могла быть заменена в любой момент либо путем быстрого увеличения мощности других действующих станций, либо путем быстрого запуска резервной станции. Подобная схе-

ма может рассматриваться как исходная для использования солнечных станций в мощных энергосистемах. Эта схема позволяет увеличить суммарное годовое производство электроэнергии (а также электроэнергии для покрытия промежуточных и пиковых нагрузок) в системе или же сэкономить некоторое количество топлива.

Когда доля энергии, производимой простыми солнечными станциями в энергосистеме, становится значительной (до ~5% установленной мощности), при постройке каждой новой такой станции должна создаваться дублирующая станция другого типа той же мощности.

2. Солнечная станция со вспомогательной установкой на ископаемом топливе. Кроме экономии топлива, такая "гибридная" станция выгодна тем, что стоимость ее ниже стоимости двух станций, так как часть оборудования (турбина со вспомогательными устройствами, система отвода тепла и т.д.) является общей для двух котлов, в этом случае можно рассматривать даже комбинированный котел, работающий одновременно на ископаемом топливе и от солнечной энергии. В этом случае нужно найти метод борьбы с отложением сажи на солнечных концентраторах.

На практике в зависимости от режима потребления в такой гибридной станции определяющую роль будет играть либо традиционная электростанция, к которой подключена солнечная станция, обеспечивающая экономию топлива, когда нагрузка является базовой, либо, наоборот, станция, когда нагрузка носит пиковый характер.

В соответствии с климатическими условиями гибридная станция может быть разработана таким образом, чтобы был возможен быстрый переход от солнечного режима к режиму потребления топлива для компенсации влияния переменной облачности, которая в зависимости от размеров поля гелиостатов и скорости ветра вызывает снижение мощности котла солнечной станции в течение некоторого периода времени (от нескольких минут до нескольких часов).

3. Солнечная станция с тепловым аккумулятором, который облегчает приспособление станции к режиму потребления энергии, по крайней мере, в отношении дневных и недельных колебаний (конец недели, если позволяет погода, используется для подзарядки аккумулятора). Учитывая величину требуемого объема и удельную стоимость, аккумулятор не рассчитан на работу нескольких часов.

Аккумулятирование может преследовать две цели:

а) продление рабочих часов за пределы периода солнечного сияния, что позволяет придать станции с промежуточной нагрузкой характер базовой станции;

б) сдвиг рабочих часов в область часов пик, что особенно важно для развивающихся стран, где часы пик приходятся на вечернее время; в этом случае требуемая емкость аккумулятора ниже, чем при работе в режиме базовой станции.

Именно вторая цель представляет наибольший экономический интерес, поскольку стоимость пиковой энергии намного выше стоимости базовой. Действительно, для того чтобы солнечная станция с базовой нагрузкой с учетом стоимости аккумулятора была конкурентоспособной, нужно, чтобы стоимость солнечной энергии, произведенной без аккумулятирования, была существенно ниже стоимости базовой энергии, производимой в настоящее время традиционными способами.

Так же, как и в случае схемы 1, когда доля энергии в системе, производимая солнечными станциями, станет существенной, необходимо будет дополнять солнечную станцию резервным источником энергии (тепловым парогенератором). В зависимости от климатических условий это приведет к увеличению стоимости 1 кВт·ч на ~10%.

4. Важным понятием, связанным с максимальным использованием солнечных станций, является "используемая продолжительность солнечного сияния". Еще до того, как станция сможет вырабатывать электроэнергию, температура и расход пара должны достичь определенных значений (например, 300°C при расходе, соответ-

ствующем 20% нормального), начиная с которых турбина работает в нормальном режиме.

Как показано на рис.3, стоимость 1 кВт·ч произведенной солнечной станцией энергии относится, по-видимому, к стоимостям, характерным для промежуточных нагрузок. В первое время, пока доля электроэнергии, производимой солнечными станциями, будет невелика, можно будет строить такие станции без дублеров с тепловыми аккумуляторами весьма малой емкости. Позднее, чтобы повысить надежность энергосистемы, солнечную станцию придется снабжать вспомогательной установкой, работающей на органическом топливе.

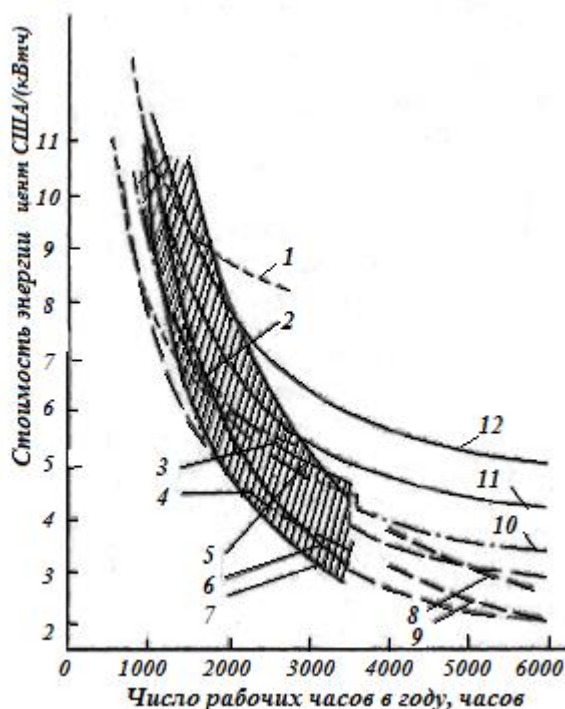


Рис.1. Стоимость 1 кВт·ч в зависимости от продолжительности работы в течение года, процент на вложенный капитал $i=8\%$. Газовая турбина: 1- 200 долл. США/т; 2- 110 долл.США/т; 3- 37 долл.США/т; 4- 15 долл. США/т. Солнечная станция: 5- 1000 долл. США/кВт; 6- 700 долл. США/кВт; 7- 600 долл. США/кВт, Гидроэлектростанция: 8- 1000 долл.США/кВт; 9- 800 долл. США /кВт. Тяжелое топливо: 10 - 90 долл. США /т. Дизель: 11 – 110 долл.США/т; 12 – 150 долл.США/т [3].

Проведенный анализ показывает, что наиболее выгодной будет работа станции в пиковом режиме, когда в жаркий период года происходит увеличение нагрузки потребителей из-за систем кондиционирования воздуха. Работа в базовом режиме будет представлять интерес лишь для изолированных промышленных центров с целью замещения органического топлива, а в будущем – лишь в случае, когда для солнечной энергии стоимость станет ниже цены базовой энергии, полученной традиционным способом, а также в районах пустынных территорий, страдающих от недостатка воды.

Эта работа была выполнена при поддержке Министерства инновационного развития Республики Узбекистан, грант №БФ-3-001.

Список литературы:

1. А.И. Анарбаев, Р.А. Захидов, Н.И. Орлова, У.А. Таджиев. Районирование территории Узбекистана по комплексу метеофакторов, влияющих на эффективность работы солнечных систем горячего водоснабжения // Гелиотехника, 2008, №2, с. 62-73.
2. К.Р. Аллаев. Электроэнергетика Узбекистана и мира. T.Fan va technologylar, 2009. - 478 с.

3. R. Pitz-Paal, J. Dersch, B. Milow, F. Tellez, A. Ferriere, U. Langnickel, A. Steinfeld, J. Kami, E. Zarza, and O. Popel. "Development Steps for Concentrating Solar Power Technologies with Maximum Impact on Cost Reduction" // Proc. 2005 Int. Solar Energy Conf. (ISEC 2005), Aug. 6-12, 2005, Orlando, Fla., ISEC 2005-76081 (2005).

**THE PROBLEMS OF ANALYSIS THE TYPICAL REGIMES ELECTRIC LOADS
OF CONSUMERS WITH THEIR ENERGY SUPPLY FROM SOLAR PLANT**

R.A. Zakhidov, A.I. Anarbaev, U.A. Tadjiev

Scientific-technical center of JSC Uzbekenergo, Tashkent, 100204, Uzbekistan,

e-mail: anizan6004@mail.ru

Abstract

The article analyzes the limitations of the use of solar power plants in relation to areas with developed industrial production and areas mainly with agriculture. The consideration is based on the thermodynamic scheme of the station with the boiler on the tower and the field of solar energy concentrators.

УДК 621.9

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СЕКТОРА ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ УЗБЕКИСТАНА И ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ, ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Р.А. Захидов, У.А. Таджиев, Е.И. Киселева

*Научно-технический центр АО «Узбекэнерго. Ташкент, 100204, Узбекистан
e-mail: rzakhidov@mail.ru, ipea2010@mail.ru*

Сектор электроэнергетики Узбекистана относится к числу базовых отраслей экономики страны. Обладая значительным научно-техническим и производственным потенциалом сектор электроэнергетики оказывает весомое воздействие на развитие экономики и благосостояние народа. Сохранение достигнутого устойчивого социального и экономического развития Узбекистана в XXI веке с неперенным условием обеспечения человеческой и экологической безопасности в условиях «беспрецедентной экологической катастрофы, разразившейся в Центральноазиатском регионе в результате высыхания Аральского моря» [1] требует критического многофакторного анализа и подхода к разработке энергетической стратегии страны до 2050г. Это диктуется также неопределённостью по обеспеченности углеводородными ресурсами и возможностями их использования в будущем [2].

В результате Аральской катастрофы объём воды в море сократился более чем в 15 раз, уровень воды снизился на 29 м, береговая линия отступила на сотни км, солёность воды достигла 150-300 г/л. На высохшем дне моря появились обширные территории белых солевых полей, превратившиеся в новую пустыню Аралкум площадью 5,5 млн. га. Ежегодно в атмосферу здесь поднимается до 100,0 млн. тонн солончаковой пыли, которая разносится на расстояние более 400 км. В Приаралье число дней с температурой выше 40°C увеличилось в 2 раза; усилились сухость и жара в летнее время, удлинились холодные и суровые зимы. В связи с этим в регионе отмечается рост целого ряда заболеваний: болезни органов дыхания, мочекаменная болезнь, онкологические заболевания [1], ухудшилось здоровье значительного числа людей.

Эти негативные факторы существенно влияют, прежде всего, как на сельскохозяйственный сектор экономики, так и на промышленность, в том числе на объекты электро-, теплоэнергетики, расположенные в зоне Приаралья и примыкающих регионах.

Тем не менее, в сложившихся условиях энергетика страны должна развиваться опережающими темпами на основе стабильной энергоресурсной обеспеченности как на краткосрочную, так и на долгосрочную перспективы.

Согласно прогнозов потребление электроэнергии в Узбекистане на период до 2030 года возрастет до 105,0 млрд. кВтч электроэнергии в год, т.е. возрастет почти в 2 раза по сравнению с 2017 г [3] в условиях неопределённости обеспечения добычи, переработки, поставки углеводородов – природного газа, нефти, конденсата в период до 2040÷2050 гг.

На ближайшую перспективу первичными энергоресурсными источниками для сектора электроэнергетики будут оставаться выявленные и используемые национальные запасы газообразных, жидких, твердых углеводородов, используемые как топливо на действующих модернизируемых и вновь строящихся тепловых электростанциях (ТЭС), общая установленная мощность которых на текущий период достигла 14,1 тыс. МВт. Этим ресурсам присуще одно неоспоримое свойство – их запасы раньше или позже, но неизбежно иссякнут после начала использования и по-

влекут за собой ряд негативных последствий экономического и социального характера.

На территории Узбекистана выявлены 5 нефтегазоконденсатных регионов с балансовыми запасами по обеспеченности природным газом на 31 год, нефтью – на 21 год, конденсатом на 25 лет [2]. Запасы нефти невелики, а добываемые их объёмы не достаточны для покрытия возрастающих потребностей страны в моторном топливе. Вследствие этого в последние годы страна утратила достигнутую нефтяную независимость и начат импорт нефти из соседних стран. В связи с дальнейшей моторизацией экономики Узбекистана планируется увеличить импорт нефти со строительством нового нефтеперерабатывающего завода. Из добываемого ежегодно природного газа 40-45% расходуется в качестве топлива: на выработку электрической и тепловой энергии на ТЭС; теплоэлектроцентралях (ТЭЦ); котельными районного, объектного и индивидуального назначений, а также населением, автомобильным транспортом. Около 20% добываемого природного газа расходуется в нефтегазохимическом секторе в качестве исходного сырья для производства химической продукции различных видов, производства минеральных удобрений и другой продукции [2].

Дальнейшее устойчивое развитие нефтегазохимической отрасли страны, а также возрастание объёмов экспорта природного газа с одной стороны и необходимость обеспечения существенного, оценочно 2-х кратного роста выработки электроэнергии выдвигают достаточно сложную в реализации проблему диверсификации топливно-энергетического баланса (ТЭБ) Узбекистана с уменьшением использования природного газа в качестве топлива, несомненно в тесной увязке с экологической ситуацией, складывающейся в стране и с учётом её энергоресурсных возможностей не только на близлежащую, но и на среднесрочную (30÷40 лет) перспективы.

Возможности развития использования разведанных запасов низкокалорийных высокозольных бурых углей Ангрэнского месторождения ограничены, так как их запасы достаточны для обеспечения устойчивой экологически безопасной работы в основном 2-х ТЭС – Ангрэнской и Новоангрэнской по экспертным оценкам в течение 70÷80 лет с условием реализации экологически безопасных технологий добычи и сжигания углей, имея в виду необходимость отделения и сепарации экологически опасных компонент в составе вскрышных пород и в самих углях, а также необходимостью утилизации накопившихся в значительных объёмах золошлаковых отходов.

Возможности использования выявленных на пяти месторождениях: Байсунском (до 600 м от земной поверхности) – 55,0 млн. т.; Уртабулакском (до 200м) – 248,0 млн. т.; Учкыр – Кульбешкалском (до 100м) – 318 млн. т.; Сангрунтауском и Актауском (до 100м) – 180,0 и 126,0 млн. т. соответственно запасов горючих сланцев [4] в качестве топлива для выработки электрической и тепловой энергии на ближайшую перспективу сдерживаются из-за их радиоактивности, сложности геолого-экологических условий добычи и переработки сланцев в условиях недостаточности изученности на данный момент физико-химического состава и технологий их переработки, а также отсутствия обоснованных проработок по экологически безопасным энергоэффективным технологиям создания ТЭС на базе сланцев, отсутствия необходимой инженерно-транспортной инфраструктуры в зоне выявленных месторождений, водных ресурсов.

Геофизические, геологические, гидрологические изыскания на территории Узбекистана позволили выявить 8 крупных бассейнов с гидрогеотермальными ресурсами. Данные по выявленным бассейнам гидрогеотермальных вод приведены в таблице 1. Целевых систематических исследований, имеющих на территории Узбекистана гидрогеотермальных источников, как потенциального энергоносителя не производилось [4].

Показатели гидрогеотермальных бассейнов Узбекистана

№	Наименование бассейна	Площадь бассейна, тыс. кв. км	Температура воды*, °С
1	Приташкентский	20,0	32÷70
2	Ферганский	Нет данных	28÷71
3	Кызылкумский	50,0	32÷40
4	Заравшанский	8,0	25÷55
5	Кашкадарьинский	35,0	25÷91
6	Дехканабадский	6,0	25÷60
7	Сурхандарьинский	8,0	27÷70
8	Устюртский	Нет данных	60÷75

*-данные по отдельным скважинам.

В Узбекистане на территории Центрально-Кызылкумской горнорудной провинции выявлены основные запасы и перспективные ресурсы урана [4]. Их запасы составляют 92,3 тыс. т [4]. Осуществляется широкий спектр работ по разведке, добыче, переработке урана и его экспорту. В этой связи особенно актуально обеспечение радиационной и экологической безопасности.

С учётом вышесказанного, в целях обеспечения энергетической, экологической, социальной безопасности страны; сбалансированного использования выявленных национальных запасов углеводородов как исходного сырья для дальнейшего устойчивого функционирования нефтегазохимического сектора экономики страны на ближайшую и долгосрочную перспективы; так и в качестве топлива и обеспечения на этой основе наиболее полного удовлетворения потребностей населения, производственных предприятий и объектов социальной сферы в электрической и тепловой энергии и т.д. в Узбекистане предусмотрено ускоренное развитие сектора электроэнергетики [5,6,7].

На основе технологической и технической модернизации действующих ТЭС, ТЭЦ с использованием топливосберегающих парогазовых и газотурбинных установок (ПГУ, ГТУ), строительством новых энергоблоков на текущий период обеспечено увеличение установленной мощности действующих ТЭС до 12,1 тыс. МВт с ежегодной выработкой электроэнергии ими более 51,0 млрд. кВтч. В соответствии с [5] предусматривается дальнейшее наращивание генерирующих мощностей с использованием природного газа для выработки электроэнергии путём строительства новых энергоблоков на эксплуатируемых ТЭС, ТЭЦ, строительство новых ТЭС, показатели которых приведены в таблице 2.

Наряду с наращиванием генерирующих мощностей по выработке электроэнергии ТЭС и ТЭЦ в Узбекистане, в соответствии с [6, 7], предусматривается развитие использования возобновляемых энергоресурсов и строительство атомной электростанции (АЭС).

Показатели электростанций на базе возобновляемых энергоресурсов и АЭС приведены в таблице 3, где $P_{уст}$ - мощность проектная расчётная; $W_{ср}$ - среднесуточная годовая выработка электроэнергии; $T_{исп}$ – число часов использования установленной мощности в году; ΔQ – обеспечиваемая средне многолетняя годовая экономия природного газа; t – сроки строительства.

Реализация в полном объёме предусмотренных планов по увеличению генерирующих мощностей [5,6,7] с использованием различных видов первичных энергоресурсов как традиционно используемых, так и новых позволит довести установленную мощность до 20,0 тыс. МВт.

Таблица 2

Показатели генерирующих мощностей по выработке электроэнергии перспективными энергоблоками и новыми теплоэлектростанциями в Узбекистане

№	Название ТЭС	Мощность перспективных энергоблоков, МВт	Тип энергоустановки	Год ввода в эксплуатацию
1	Туракурганская (новая) (2 блока)	450+450	ПГУ	2019г.
Действующие ТЭС				
2	Навоийская (2 блока)	250+200	ПГУ	2019г.
3	Тахиаташская (2 блока)	230+280	ПГУ	2020г.
4	Талимарджанская (2 блока)	450+450	ПГУ	2022г.
5	Ташкентская ТЭЦ (2 блока)	27+27	ГТУ	2022г.
6	Ферганская ТЭЦ, Ферганская котельная РК-3	24	ГТУ	2021г.

Таблица 3

Показатели перспективных генерирующих мощностей с использованием технологий возобновляемой и атомной энергетики

	Тип электростанции	$P_{уст}$, МВт	$W_{ср}$, Млн.кВтч	$T_{исп}$, час	ΔQ , млн.куб.м.	t, год
1	Гидроэлектростанции, всего, в том числе	2920,6	9965,8	1600÷5600	986,7	2018÷2030гг
1.1	на искусственных водотоках	2352,6	7870,4	4000÷5600	779,2	2018÷2030гг
1.2	на действующих водохранилищах	406,0	1147,06	2000÷3800	113,6	2018÷2030гг
1.3	на существующих ирригационных каналах	161,0	947,0	1600÷3000	93,8	2018÷2030гг
1.4	Гидроаккумулирующая	200,0	400,0	нет данных	39,6	2022÷2026гг
2	Солнечная фотоэлектрическая станция	100,0	140,0	1900*	13,9	нет данных
3	Атомная электростанция	2400,0	18900,0	7900,0	1871,3	2019÷2030гг

*-без систем аккумулирования электроэнергии

Однако возможность доведения выработки электроэнергии до прогнозируемой потребности в 105,0 млрд. кВтч в год остаётся неопределённой в силу ранее указанных причин из-за риска негарантированности обеспечения природным газом в необходимых объёмах для производства электроэнергии. Кроме того, не принимаются меры по обеспечению устойчивого энергообеспечения (топливом, отоплением, теплоснабжением) значительного числа малоэнергоёмких распределённых объектов удалённых от централизованных систем газопроводов.

Анализ гидрологических режимов водотоков страны показывает их существенную изменчивость, обусловленную генезисом водотоков, режимами водопользования и водоподачи из искусственных водотоков, которые будут оказывать существенное влияние на выработку электроэнергии ГЭС с невысоким числом часов ис-

пользования установленной мощности, что следует из данных таблицы 2. Также крайне неравномерна выработка электроэнергии в межгодовом и суточном временных интервалах солнечной фотоэлектрической станции при общем невысоком числе часов использования её установленной мощности. Эти факторы будут оказывать существенное влияние на устойчивость электроснабжения, т.е. на энергобезопасность потребителей.

Планируемое строительство АЭС [7] с установленной мощностью 2400 МВт по апробированной технологии корпорации «Росатом» с её возможностью устойчивой выработки электроэнергии при высоких значениях числа часов использования установленной мощности, несомненно, будет способствовать устойчивости выработки электроэнергии и надёжности электроснабжения. В то же время на начальном первом этапе работ по обоснованию и выбору площадки для строительства АЭС должны быть учтены комплекс факторов, которые могут оказать влияние на безопасность самих АЭС, так и радиационную безопасность страны и региона. Требуется детальная сейсморазведка и учёт динамики тектонических процессов как в зоне потенциальной площадки строительства АЭС, так и в центрально-азиатском субрегионе, учитывая наличие нескольких геологических разломов земной коры на территории Узбекистана. Необходимы детальное исследование и изучение нестабильности грунтов и сейсмоустойчивости сооружений и зданий АЭС для обеспечения создания оснований и фундаментов под реакторные блоки и другие компоненты станции, отвечающих требованиям по сейсмостойкости. Также требуется на данном этапе детальное исследование и изучение вопроса о возможностях гарантированного водообеспечения для нужд охлаждения и пожаротушения АЭС, сооружаемой в регионе с ухудшающимися возможностями по водным ресурсам: общая их недостаточность, ухудшение качества вод из-за их загрязнения и роста минерализованности, значительные потери из-за климатических и природных условий и обусловленных этим большим объёмом потерь воды на испарение и фильтрацию в грунты, а также вследствие антропогенных условий; водозабор в водохранилища, режимы полива и водопотребления на нужды населения и производственных объектов промышленного и сельскохозяйственного назначений.

На данном этапе проработок крайне важны исследования вопросов оптимизации схемы выдачи мощности и электроэнергии от АЭС в конкретный энергоузел с учётом электрических режимов в условиях нормальной эксплуатации и аварийных ситуаций в электроэнергетической системе с принятием в расчёт возможного внезапного отключения из работы одного из блоков мощностью 1200 МВт АЭС и автоматического ввода резервных мощностей.

На втором этапе работ, предусматривающим подготовку технико-экономического обоснования строительства АЭС, полагаем необходимым проведение углубленной проработки вопросов обеспечения радиационной безопасности, утилизации отходов как на стадии эксплуатации, так и на стадии вывода АЭС из эксплуатации с учётом требуемых затрат на данный вид работ.

Особого внимания требует проработка вопроса подготовка кадров, обучения в профильных образовательных учреждениях России технического персонала по широкому спектру направлений в сфере АЭС: ядерные энергетические установки, электроэнергетические установки АЭС; системы контроля и управления АЭС; системы собственных нужд АЭС; водоснабжение и водоподготовка АЭС; радиационная и экологическая безопасность; информационно-коммуникационные технологии, «кибер» безопасность и другие. Предстоит большая работа по подготовке нормативных и правовых документов с учётом международных требований и опыта России в сфере атомной электроэнергетики.

Список литературы:

1. Алиханов Б.Б. «Катастрофа Аральского моря, развитие сотрудничества стран Центральной Азии в преодолении последствий и необходимость инновационных решений». Сб. материалов международной конференции «Современные действия по смягчению последствий Аральской катастрофы: новые подходы, инновационные решения и инвестиции». Ташкент. 2018. - С. 6-9.
2. Абдуллаев Г.С. Углеродная база Республики Узбекистан и перспективы её наращивания с учётом реализации инвестиционных проектов. // Узбекский журнал нефти и газа. 2011. Спец.выпуск. – С. 36-40.
3. Захидов Р.А., Таджиев У.А., Киселева Е.И. Возобновляемые источники энергии как фактор обеспечения энергетической безопасности Узбекистана. Сборник статей Научно-практической конференции с международным участием «Экология. Промышленная и энергетическая безопасность-2017». Россия. Севостополь. 2017. - с. 503-507.
4. Шеметов П.А., Сытенков В.Н., Кадыров А.А., Бибик И.П. Современное состояние и перспективы развития Кызылкумского региона. Ташкент, 2008г. 179 с.
5. О мерах по ускоренному развитию и обеспечению финансовой устойчивости электроэнергетической отрасли. Постановление Президента Республики Узбекистан №ПП-3981 от 23.10.2018г.
6. О программе мер по дальнейшему развитию гидроэнергетики на 2017-2021гг. Постановление Президента Республики Узбекистан № ПП-2947 от 02.05.2017г.
7. О мерах по развитию атомной энергетики в Республике Узбекистан. Указ Президента Республики Узбекистан № УП-5484 от 19.07.2018г.

**DEVELOPMENT TRENDS IN THE ELECTRICITY SECTOR OF UZBEKISTAN
AND THE PROBLEMS OF ENERGY, ENVIRONMENTAL SAFETY**

R.A. Zakhidov, U.A. Tadjiev, E.I. Kiseleva

*The Scientific-technical Center of Joint-stock company «Uzbekenergo»,
Tashkent, Uzbekistan,*

e-mail: rzakhidov@mail.ru, ipea2010@mail.ru

Abstract

The possibilities of increasing the generating capacity for electricity generation in Uzbekistan until 2030 by thermal, hydraulic, solar photovoltaic are considered. The planned construction of a nuclear power plant with a capacity of 2,400 MW using the advanced technology of the ROSATOM Corporation will contribute to the sustainability of power generation and reliable power supply.

ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ АККУМУЛИРОВАНИЯ И ХРАНЕНИЯ ВОДОРОДА В ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛАХ НА ОСНОВЕ НИКЕЛЯ, АЛЮМИНИЯ И ХРОМА

А.В. Звягинцева

*Воронежский государственный технический университет,
г. Воронеж, 394053, Россия, e-mail: zvygincevaav@mail.ru*

Рассмотрены основные методы получения, хранения и транспорта водорода. Предпочтение отдается способам металлгидридного хранения водорода как наиболее безопасного и эффективного. Показано, что наибольшей склонностью к образованию металлгидридной фазы обладают атомы металлов с дефектами структуры (вакансии, границы зерен). Рассмотрены потенциальные возможности аккумуляции водорода некоторыми электрохимическими системами (алюминий, никель, никель-бор, хром). Обоснован вывод, основное преимущество имеют металлы, имеющие наиболее высокий индекс Кларка и склонные к образованию гидридов. В работе исследованы варианты синтеза материалов для водородного аккумулятора на основе электрохимических систем (никель, никель-бор, алюминий)

Проблема использования водородных технологий в альтернативной энергетике определяется главным образом двумя факторами: безопасное хранение и транспорт. Решение этих задач не сводится к технологическим разработкам, а представляется достаточно сложной фундаментальной работой, связанной с выполнением большого объема теоретических и экспериментальных исследований. Классические способы хранения водорода (газообразный и сжиженный) экологически небезопасны и энергетически затратные. С другой стороны, проблема получения водорода не может считаться решенной в силу целого ряда причин [1].

Во-первых, наиболее простой электрохимический способ, где основным реагентом является вода, в настоящее время для целей промышленной энергетики – экологически неприемлем, поскольку затраты на производство водорода по этому способу вдвое больше, чем экономический эффект от его использования. При этом промышленные электролизеры, выпускаемые заводами по производству такого оборудования, используют технологии разделения газов с помощью прессфильтров. Именно поэтому затраты на его производство достаточно высоки. Последние разработки некоторых лабораторий позволяют значительно снизить эти затраты и фактически они будут сопоставимыми с технологиями получения водорода методом пиролиза. С другой стороны, только используя электрохимическую технологию получения гидридов, мы можем эффективно аккумулировать водород в структуре металлов [2].

Во-вторых, более дешевый способ получения водорода – пиролиз метана, с большой натяжкой можно отнести к водородной энергетике, так как в качестве исходного энергоносителя используется природный газ, запасы которого ограничены.

Проблема использования водородных накопителей на основе гидридов металлов, состоит в том, что металлы, поглощающие легко водород в больших количествах, относятся к элементам платиновой группы, что увеличивает себестоимость систем аккумуляции. Была поставлена задача поиска новых материалов на основе более дешевых и легких компонентов, что является актуальной задачей исследования и промышленного внедрения. Отсутствие соответствующей методики прямого эксперимента по определению количества водорода, адсорбированного металлом, создает определенные трудности при научном обосновании технологии производства водородных накопителей.

Во-первых, необходимо проанализировать и обобщить данные теоретических и экспериментальных исследований в этой области для выработки концепции нового метода, применение которого создаст условия для качественной и количественной оценки параметров материала, пригодного для хранения водорода.

Во-вторых, необходимо сузить круг поисков в ресурсной базе материалов кандидатов для реализации функции накопления водорода.

Теоретические оценки и накопленный экспериментальный материал свидетельствует о том, что на данном этапе развития науки и технологии основными гидридообразующими материалами принято считать следующие металлы: Ti, Ni, Al, Zr, Hf и некоторые другие. Кроме выбора соответствующего материала следует учесть, что для увеличения удельной водородной емкости в структуре металла необходимо обеспечить наличие дефектов в структуре металла, поскольку процесс взаимодействия водорода с металлом происходит именно по дефектам структуры. Одно из перспективных направлений исследований – аморфные сплавы, компонентный состав которых формируется исходя из требования соответствующей упругости диссоциации водорода [1, 3, 4].

Основные требования, предъявляемые к накопителю: объем накопленного водорода – максимальный, температура образования гидридов – минимальная, отсутствие свободного течения водорода, неограниченное число циклов накопления-экстракции, независимость аккумулирующей способности от примесей, минимальная цена на материал. Данным требованиям вполне удовлетворяет алюминий. В качестве легирующих добавок следует рассматривать Be, В, Nb, Ni и редкоземельные элементы.

Одно из основных требований – максимизация объема накопленного водорода может быть достигнуто путем увеличения числа активных точек адсорбции. Данная задача решается тремя способами: применение технологии получения катализаторов никеля Ренея [1], осаждение металла при импульсном электролизе [6], анодное растворение в импульсных режимах [1, 5]. В связи с этим были изучены Ni, Cr, Al, их сплавы, поскольку каждый из этих металлов образует гидриды: NiH_2 , AlH_3 , CrH .

Проведя ряд экспериментов методами термодесорбционного анализа, внутреннего трения, вакуумной экстракции, электрохимии, было выявлено, что в алюминии, хrome, никеле, наблюдаются явления образования гидридов и твердых растворов с высокими показателями растворимости водорода, причем обратимой.

Для увеличения емкости накопителя необходимо создать такие условия, при которых будут отсутствовать препятствия для экстракции водорода. При этом сам процесс экстракции должен предполагать его управление и тонкую настройку.

Реализацию решения, основанного на использовании металла относительно небольшой толщины (фольга) с поверхностью, которая при помощи анодной обработки получает соответствующую пористую морфологическую структуру для увеличения активной площади поверхности и обеспечения редуционного эффекта [5]. Редуционный эффект позволяет добиться плавности потока водорода при его постепенной экстракции.

Одним из наиболее перспективных технологических решений является применение алюминиевой фольги, для получения которой давно применяется хорошо известная технология, описание которой можно найти в соответствующей научно-технической литературе [5]. Для формирования заданной морфологии алюминиевой фольги предложено использовать частотно-модулированный импульсный режим анодной обработки. В этом случае механизм формирования пористой структуры, представлен на рис. 1: показан профиль поры, формируемой в процессе травления заданной последовательностью импульсов электрического тока: в процессе работы тока импульсы формируют профиль поры. Пора, обладающая необходимой морфо-

логией, по некоторым предварительным данным, позволяет накапливать более 10^{-3} моль/см² водорода.

Разработан и предложен метод для практического использования 3D нанотехнологии накопления водорода в металле по дефектам его структуры («ловушки» водорода). Для эффективного накопления водорода в объеме по дефектам структуры наиболее оптимальным является применение фольги из композита Ni-B, содержание бора не менее 5 ат. % и толщине слоя 8-12 мкм. Присутствие бора обеспечивает повышенную прочность фольги. Бор в соединении с другими веществами не дает токсичных компонентов. Он увеличивает число дефектов, которые являются «ловушками» для водорода. Число «ловушек» находится в прямой зависимости от содержания борсодержащего восстановителя и плотности тока [7].

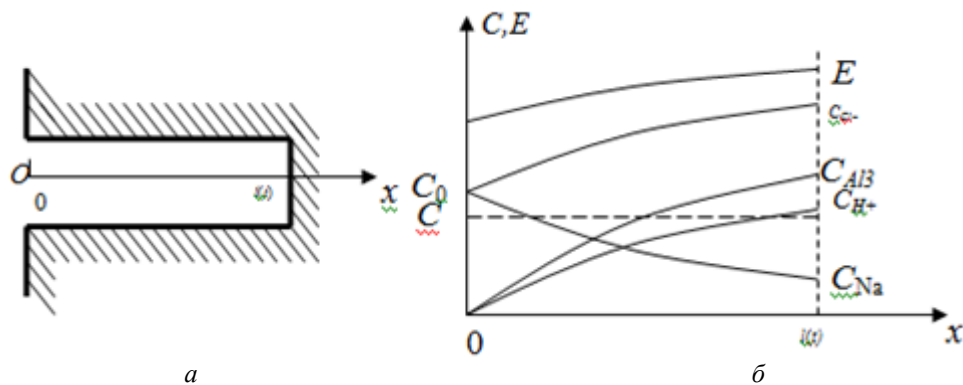


Рис. 1. Механизм образования пор

Границы между зернами структуры металла служат оперативной зоной протекания процесса образования гидроксида. Это значительно увеличивает энергетическую емкость аккумулятора.

Таким образом, мы переходим от планарной системы накопления к объемной. Источники питания могут использоваться и в режимах больших токов при малых временных периодах (режим стартера) или, наоборот, в режимах длительного использования при небольшом потреблении тока. Эти особенности их работы могут быть учтены путем формирования соответствующих типов морфологической структуры для накопления водорода, которые будут определяться технологическими параметрами режимов анодной обработки фольги. Морфология формирования пор на фольге из сплава Ni-B для различных типов аккумуляторов представлена разными видами (рис. 2). Морфология внутренней структуры пористой системы имеет древовидную форму. То есть каналы внутри электрода отличаются по сечению и протяженности. Возникает так называемый редуцирующий эффект, который полностью исключает взрывной характер экстракции и позволяет эффективно регулировать подачу энергии.

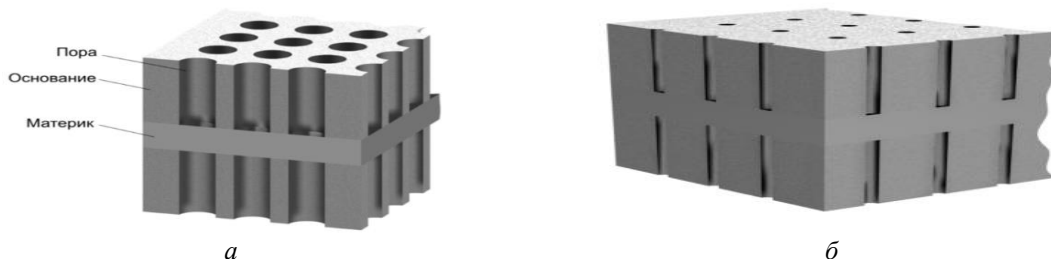


Рис. 2. Морфология структуры электрода водородного аккумулятора для разных режимов работы: а – режим больших токов и короткого времени использования; б – режим малых токов и большого времени использования

Итак, получены конкретные образцы в виде ленты и пластин с максимальным содержанием водорода в образце на данном этапе исследования. Далее необходимо их применить в конкретных технических приложениях, которые отражены в патентах [8-15].

Применение металлгидридных накопителей на основе алюминиевой, никелевой фольги с развитой поверхностью может быть очень широким. Это системы хранения водородного топлива в различных транспортных средствах, основные и дополнительные источники бесперебойного, резервного питания [4, 8]. Например, для питания радиоэлектронных средств система водородного накопления должна включать в себя кроме накопителя водорода, еще и систему регулирования подачи водорода, топливный элемент; подсистему датчиков; подсистему диагностики и управления. Все это компонуется вместе с самим радиоустройством. В частности на рис. 3 представлена схема бесперебойного питания радиоэлектронных средств связи необходима управляемая система резервного питания, в том числе и в условиях внештатных ситуаций (схема дана приближенной, является дальнейшим предметом заявки на изобретение). Эта система должна включать в себя основные элементы и блоки, управляемые по программе, алгоритм которой изменяется в зависимости от параметров сигнала датчиков. Например, при работе системы при номинальных параметрах (τ , I) в случае уменьшения тока, потребляемого системой, датчики обратной связи выдают сигнал на увеличение температуры накопителя, в результате количество топлива, подаваемое на топливный элемент, увеличивается. Наоборот, при увеличении тока от топливного элемента, блок обратной связи формирует сигнал, в результате которого блокируются отдельные нагревательные элементы накопителя, и количество водорода на топливном элементе уменьшается. Кроме того, в системе предусмотрена автономная редукция топлива при постоянном потоке водорода от накопителя.

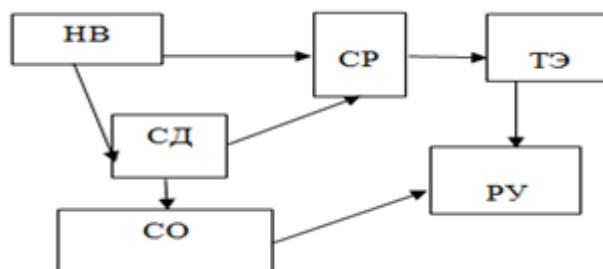


Рис. 3. Схема устройства с бесперебойным питанием:

НВ – накопитель водорода; СР – система регулирования подачи топлива (водорода); ТЭ – топливный элемент; СД – система датчиков; СО – система опроса; РУ – радиоустройство

Получены ряд решений для применения в качестве альтернативных источников энергии водородного носителя для оборонной и военной промышленности [8-15].

Например, получен патент на изобретение № 2608193 «Устройство для изменения траектории астероида, ядра кометы и других космических объектов» [13]. Изобретение относится к средствам защиты и предназначено для изменения орбиты массивных космических тел (КТ), угрожающих столкновением с Землей. Из последних разработок на изобретение необходимо отметить патент [15]. Изобретение относится к боеприпасам, использующих аккумуляторы водорода на основе гибридных функциональных материалов с эффективной системой накопления в качестве автономных источников энергии, для борьбы с роботизированной бронетехникой и может быть использовано для определенных видов ВВТ в Министерстве Обороны и других технических приложениях в различных структурах Российской Федерации.

Список литературы:

1. Алдошин С.М., Добровольский Ю.А., Тарасов Б.П. // Альтернативная энергетика и экология. 2006. №7 (39). С. 25-26.
2. Власов Н.М. Математическое моделирование водородной проницаемости металлов: монография / Н.М. Власов, А.В. Звягинцева. - Воронеж: ФГБОУ ВПО «ВГТУ», 2012. - 248 с.
3. Судзуки К., Фудзимори Х., Хасимото К. Аморфные металлы. М.: Металлургия. 1987. 328 с.
4. Звягинцева А.В. Гибридные функциональные материалы, формирующие металл-ческие структуры с оптимальной дефектностью для хранения водорода в гидридной форме /Международный научный журнал Альтернативная энергетика и экология. – Саров: Изд-во «Научно-технический центр «ТАТА», 2017. – Номер: 16-18 (228-230). С. 89-103.
5. Электрохимические технологии реализации систем безопасного хранения водорода. Авторы: Ю.Н. Шалимов, А.В. Звягинцева, А.В. Помигуев, А.В. Руссу. Вестник ВГТУ. Том. 14 № 3 2018 г. – С. 163-170.
6. Звягинцева А.В. Особенности электрохимического образования Ni-B-покрытий / А.В. Звягинцева, Ю.Н. Шалимов // Технология машиностроения. - М.: Изд-во: ООО «Издательский центр «Технология машиностроения», 2008. - № 3. - С. 27-34.
7. Звягинцева А.В. Структурные и примесные ловушки для точечных дефектов: монография /А.В. Звягинцева. Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2018. 180 с.
8. Патент № 2521904 Российская Федерация. Аккумулятор водорода /Звягинцева А.В. - Заявитель и патентообладатель: Звягинцева А.В. – 2013113421/06; заявл. 26.03.2013; опубл. 10.07.2014; бюл. № 19.
9. Патент № 2530235 Российская Федерация. Применение электролитического расплава для получения сплава Ni-B для аккумуляторов водорода /Звягинцева А.В., Шалимов Ю.Н. - Заявитель и патентообладатель: Звягинцева А.В. – 2013101100/02; заявл. 09.01.2013; опубл. 10.10.2014; бюл. № 28.
10. Патент № 2530230 Российская Федерация. Способ получения сплава Ni-B с дефектами структуры, используемого в качестве аккумулятора водорода /Звягинцева А.В., Шалимов Ю.Н. - Заявитель и патентообладатель: Звягинцева А.В. – 2013106114/02; заявл. 12.02.2013; опубл. 10.10.2014; бюл. № 28.
11. Патент № 2604902 Российская Федерация. Устройство для изменения траектории космических объектов /Звягинцева А.В. - Заявитель и патентообладатель: Звягинцева А.В. – 2015128087/11; заявл. 10.07.2015; опубл. 20.12.2016; бюл. № 35.
12. Патент № 2529339 Российская Федерация. Способ получения сплава с нарушенной структурой для аккумуляторов водорода /А.В. Звягинцева, А.И. Голодяев. - Заявитель и патентообладатель: Звягинцева А.В. и Голодяев А.И. – 2013113425/02; заявл. 26.03.2013; опубл. 27.09.2014; бюл. № 27.
13. Патент на изобретение № 2608193. Российская Федерация. Устройство для изменения траектории астероида, ядра кометы и других космических объектов /А.В. Звягинцева, А.О. Артемьева. Заявитель и патентообладатель: Звягинцева А.В. - 2015128741; заявл. 14.07.2015; опубл. 17.01.2017; бюл. № 2.
14. Патент на изобретение № 2671270. Российская Федерация. Ударное ядро с зажигательным сердечником. Звягинцева А.В. /Заявитель и патентообладатель: Звягинцева А.В. - 2018100761; заявл. 10.01.2018; опубл. 30.10.2018; бюл. № 31.
15. Патент на изобретение № 2684268. Российская Федерация. Ударное ядро с зажигательным эффектом /А.В. Звягинцева, А.О. Артемьева и др. Заявитель и патентообладатель: Звягинцева А.В., А.О. Артемьева. – 2018101345; заявл. 15.01.2018; опубл. 04.04.2019.

**THE POTENTIAL ACCUMULATION AND STORAGE OF HYDROGEN
IN SOLID MATERIALS BASED ON NICKEL, ALUMINUM AND CHROMIUM**

A.V. Zvyagintseva

Voronezh state technical University, Voronezh, 394053, Russia,

e-mail: zvygincevaav@mail.ru

Abstract

The main methods of production, storage and transport of hydrogen are considered. Preference is given to methods of metal hydride storage of hydrogen as the most safe and effective. It is shown that the greatest propensity to the formation of the metal hydride phase have metal atoms with structural defects (vacancies, grain boundaries). Potential possibilities of hydrogen accumulation by some electrochemical systems (aluminum, Nickel, Nickel-boron, chromium) are considered. The conclusion is justified, the main advantage is the metals having the highest Clark index and prone to the formation of hydrides. The variants of synthesis of materials for hydrogen accumulator on the basis of electrochemical systems (Nickel, Nickel-boron, aluminum) are investigated)

УДК 57.08

**ВОЗМОЖНОСТИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ
РАЗВИТИЯ ЭКОСИСТЕМ НА МОДЕЛЯХ ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ
В РАЗНЫХ ФАЗАХ ОНТОГЕНЕЗА ПРИ УПРАВЛЯЕМОМ ВОЗДЕЙСТВИИ
ФАКТОРОВ СРЕДЫ НА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ ОБРАЗЦЕ
СИНЕРГОТРОНА ИСР 1.1.**

**В.Н.Зеленков^{1,2,3}, В.В. Латушкин¹, П.А.Верник¹, С.В. Гаврилов¹,
В.Б. Новиков¹, Н.Ю.Свистунова²**

¹Автономная некоммерческая организация «Институт стратегий развития»,
г. Москва, Россия, e-mail: zelenkov-raen@mail.ru

²ФГБНУ «Всероссийский научно – исследовательский институт лекарственных
и ароматических растений», г. Москва, Россия

³Всероссийский научно – исследовательский институт овощеводства – филиал
ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства» (ВНИИО – филиал
ФГБНУ ФНЦО), Московская область, Раменский район, д. Верея, Россия

Методика математического моделирования роста и развития растений в агроэко-системах активно применяется в научных исследованиях с 70-х годов XX века, когда были созданы такие модели, как ELCROS, BACROS, SPAM, SIMCLOT, ARIDCROP, DRYAS и другие. Уже в 1976 г. составлен критический обзор работ по данному направлению и показана его перспективность для биологии и сельского хозяйства [1]. Имитационно – модельный подход позволяет с помощью математических средств создать модели, описывающие и оценивающие основные процессы, определяющие развитие агроценоза и пригодные для прогноза и целей управления исследуемыми процессами. В этом отличие данного подхода от эмпирико – статистического, имеющего локальную ограниченность. как в пространстве, так и во времени и практически применимого только для условий, в которых выведены формулы и не позволяющего установить глубинные биологические причины и связи явлений [2].

Экспериментальное моделирование экосистем на практике сталкивается со значительными трудностями, связанными в первую очередь с техническим оснащением лабораторий. Необходимо располагать системами для выращивания растений в искусственных условиях (теплицы, фитотроны и т.д.). К сожалению, в условиях открытого грунта сложно планировать эксперимент по основному критерию методики опытного дела – принципу единственного отличия. Нестабильность погодных – климатических и почвенных условий в условиях открытого грунта требует проведения испытаний в течение нескольких лет. Проведение экспериментов в строго контролируемых условиях повышает достоверность и воспроизводимость результатов. Экспериментальная работа в условиях фитотрона или теплицы позволяет проводить опыты круглогодично, а также расширить возможности активного целенаправленного воздействия на факторы роста растений (искусственное освещение, поливы, минеральное питание, изменение состава газовой среды и т.д.). Важность направления разработки новых типов фитотронов для проведения селекционных исследований особо отмечает в своих работах академик Драгавцев В.А. [3].

Другим существенным аспектом является оснащение фитотронов системами фиксации и контроля основных параметров среды и роста растений. Необходимо по возможности проводить параллельное сопоставление интенсивности факторов внешней среды (температура, влажность, освещение и т.д.) и ответных реакций растительного организма и экосистем в целом (интенсивность фотосинтеза, прирост биомассы, транспирация, проективное покрытие и т.д.).

В АНО «Институт стратегий развития» разработан цифровой исследовательский комплекс с программным управлением, получивший название «СИНЕРГОТРОН» [4,5]. СИНЕРГОТРОН – закрытая система с программно управляемой климатической средой, предназначенная для культивирования высших растений и позволяющая моделировать широкий спектр природных и искусственно создаваемых компонентов среды обитания. Расширенная номенклатура датчиков позволяет отслеживать процессы роста и развития растений в динамике. Обеспечиваются дифференцированные режимы выращивания растений в полном цикле онтогенеза и возможности моделирования на каждом этапе жизненного цикла растений. Экспериментальный образец синерготрона модели ИСР-1.1 прошел технико-биологические испытания. По результатам проведенных испытаний, технические и технологические подсистемы жизнеобеспечения растений синерготрона в тестах с использованием разных салатных культур обеспечили нормальный рост и развитие растений. Признаков поражения вредителями и болезнями и физиологических нарушений не наблюдалось. Качество выращенной продукции соответствовало требованиям соответствующих ГОСТ. Результаты биологической части испытаний синерготрона ИСР-1.1, включая и материал исследований на опытном образце фитотрона ИСР-0.1 производства АНО «Института стратегий развития», как предшественника образца синерготрона ИСР-1.1 приведены в работе [6].

В настоящей работе приведены данные из нового цикла исследований, связанного с импульсной модуляцией режимов освещения нескольких модельных овощных и лекарственных растений на разных этапах онтогенеза. Контролируемые условия синерготрона позволили создать несколько режимов импульсного облучения (различающихся по длительности импульса и периоду следования): 1с /3 с (длительность импульса 1 с, перерыв – период следования импульса 3 с); 1 с/2 с; 1 с/1 с; 1 мс/3 мс. Уровень интенсивности света, создаваемый светодиодными светильниками красного, синего и белого света на уровне субстрата в период действия импульса составил 240-290 мкМоль/м²*с, 24 ч в сутки. В качестве модельных объектов использовались семена и проростки тмина обыкновенного, змееголовника молдавского, пажитника сенного и календулы лекарственной из коллекционного фонда ВИЛАР. Проращивание семян проводили в чашках Петри согласно ГОСТ 12038-84 с изменениями – использовалась подложка из минеральной ваты. Увлажнение проводили по мере подсыхания подложки водопроводной водой. Количество семян по 25 семян в чашке Петри, повторность трехкратная. Температура в синерготроне 23-25⁰С. Контроль – проращивание в темноте в термостате при температуре для семян календулы 20⁰С, остальных видов – переменная 20⁰С (16 часов в сутки) и 30⁰С (8 часов).

1. Моделирование воздействия импульсного облучения на начальном этапе онтогенеза (прорастание семян). Ответная реакция растений в значительной степени зависела от генетических особенностей и режима облучения. Стимулирующий эффект установлен для семян календулы, ингибирующий – для семян тмина, отсутствие существенных отличий от контроля – для семян пажитника (табл.1). Так, импульсное облучение в режиме 1/3мс стимулировало прорастание семян календулы (энергия прорастания (ЭП) увеличивалась на 6,4%, всхожесть – на 11,25%, тогда как в режиме 1/1 с всхожесть снижалась на 8,8% при одинаковой с контролем энергии прорастания. Энергия прорастания семян змееголовника также увеличивалась при импульсном освещении (в варианте 1/3 мс до 30%), тогда как всхожесть была меньше, чем в контроле, до 20%. В меньшей степени (на 6,7%) всхожесть снижалась в варианте 1/3 мс. Энергия прорастания и всхожесть семян пажитника приближались к 100% в контроле (проращивание в темноте) и незначительно снижались при импульсном облучении - на 1,3-2,7 %. Прорастание семян тмина в эксперименте снижалось при всех режимах импульсного облучения, особенно резко при 1/1 с, а также 1/2 с. При режиме 1/1 с энергия прорастания снижалась на 50% по сравнению с контролем,

всхожесть – на 62,6%. В то же время при импульсах 1/3 с и 1/3 мс ингибирующий эффект выражен был значительно слабее.

Таблица 1

Всхожесть семян при разных вариантах импульсного облучения, %

Вариант	контроль	1с /3 с	1 с/2 с	1 с/1 с	1 /3 мс
тмин	81,3	64	20	18,7	68
змееголовник	80	70,7	60	60	73,3
календула	84,4	93,3	84,4	75,6	95,6
пажитник	100	98,7	97,3	97,3	97,3

Динамика прорастания семян. Основная масса семян календулы и пажитника прорастала на 3-4-е сутки проращивания. Семена змееголовника также интенсивно прорастали, начиная с 3-х суток от посева, но количество проросших семян увеличивалось до 7 и более суток после посева. Из семян изученных культур семена тмина – наиболее тугорослые, активное прорастание происходило примерно до 11 суток с момента посева семян.

2. Моделирование воздействия импульсного облучения на этапе роста сеянцев до образования 1-го настоящего листа. Измерения высоты сеянцев в динамике (рис.1) показали, что первые несколько дней наблюдался активный рост сеянцев во всех вариантах, однако впоследствии (примерно через 11 суток после посева семян, для тмина – после 14 суток) рост прекращался практически полностью. Предположительно, не происходило полномасштабного переключения растений на автотрофный тип питания (фотосинтез), а запасы питательных веществ семени к этому моменту практически исчерпываются. Для выявления причин данного явления необходимо проведение углубленных исследований, в частности, с другими режимами импульсного облучения и разным соотношением светового и темнового периодов. Технические возможности синерготрона позволяют моделировать необходимые условия.

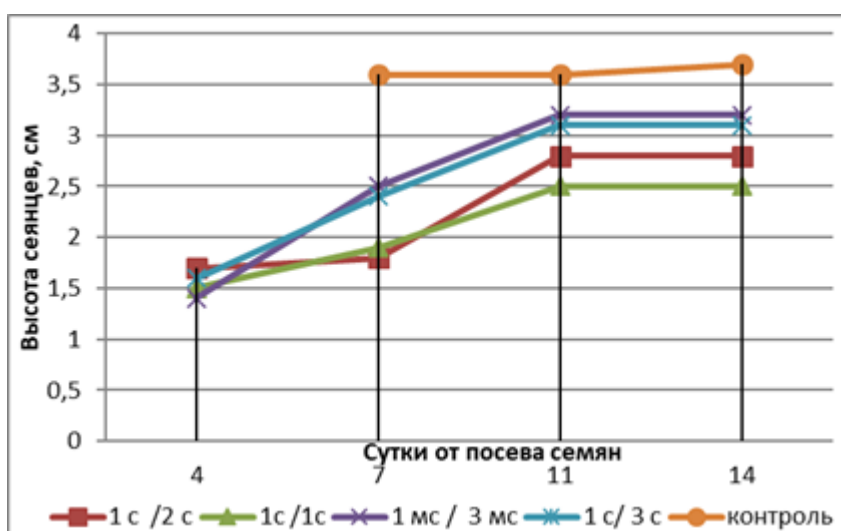


Рис. 1. Динамика роста сеянцев календулы

Определение надземной биомассы сеянцев в конце периода выращивания (рис.2) показало значительное увеличение данного показателя при импульсном облучении по сравнению с контролем (темнота, отсутствие фотосинтеза).. Так, при режиме 1/3 мс прирост составил для тмина 57%, для змееголовника 60%, для календулы 112%,

для пажитника 107%. По эффективности к режиму 1/3 мс близок режим 1/3 с, наименее эффективен -1/1 с.

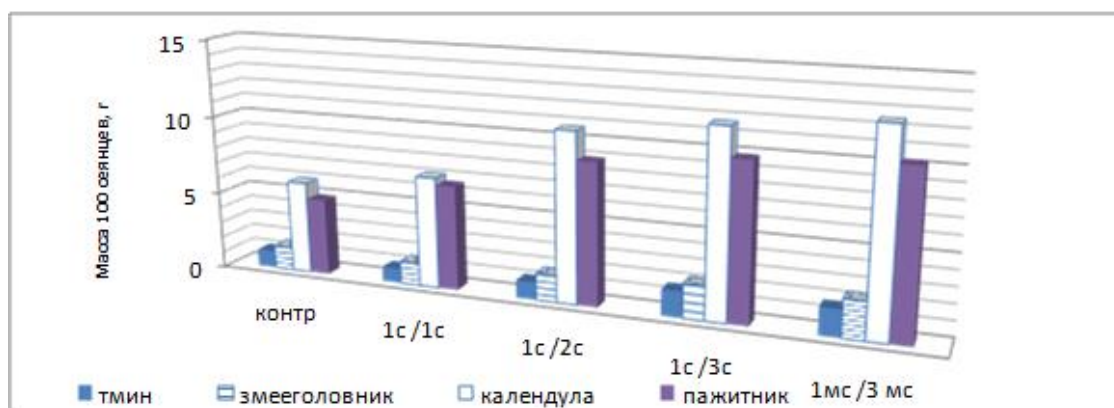


Рис. 2. Биомасса 100 семян, г

Весь прирост биомассы семян в вариантах импульсного облучения происходил в начальные фазы онтогенеза, т.е. до образования 1-го настоящего листа. В дальнейшем рост растений практически полностью прекращался. Очевидно, в данный период необходим переход к другому режиму освещения.

Таким образом, в контролируемых условиях синерготрона ИСР 1.1. проведено экспериментальное моделирование роста семян на начальных этапах онтогенеза на четырех модельных культурах при импульсном облучении в разных режимах. В целом использование цифровых комплексов «Синерготрон» перспективно для экспериментального моделирования агроэкосистем с учетом фазы онтогенеза при управляемом воздействии факторов среды.

Выводы:

1. Показана возможность использования цифрового комплекса «Синерготрон» для моделирования роста растений на начальных стадиях онтогенеза при управляемом воздействии импульсного облучения.

2. Установлено, что реакция растений на импульсное облучение в первую фазу онтогенеза (прорастание семян) сильно различается в зависимости от вида растений. Импульсное облучение в режиме 1/3мс стимулировало прорастание семян календулы, мало изменяло прорастание семян пажитника и ослабляло прорастание семян тмина. Для семян змееголовника характерны промежуточные показатели.

3. В следующие (после прорастания семян) фазы онтогенеза рост семян вначале протекал активно, однако к моменту образования 1-го настоящего листа рост практически полностью прекращался. Отсутствие перехода к автотрофному питанию (фотосинтез) связано, наиболее вероятно с истощением запасов питательных веществ семян.

4. Из режимов импульсного облучения наиболее благоприятен для прорастания семян изученных видов растений - 1/3мс и 1/3с, тогда как режим 1/1 с оказывает в большинстве случаев ингибирующий эффект. Надземная биомасса семян в конце периода выращивания увеличивается при импульсном облучении по сравнению с контролем (темнота, отсутствие фотосинтеза).

Список литературы:

1. Arnold G.W. Critical evaluations of systems analysis ecosystems research and management / G.W. Arnold, C.T. De Witt. – Pudoch, 1976. - 108 p.
2. Шатилов И.С. Агрофизические, агрометеорологические и агротехнические основы программирования урожая / И.С.Шатилов. А.Ф.Чудновский. – Л.: Гидрометеиздат, 1980. – 320 с.

3. Драгавцев В.А. Новая регуляция у растений и необходимость создания селекционного фитотрона в РФ // Журнал технической физики. - 2018. – Т.88, Вып.9. - С.1331-1335.
4. Зеленков В.Н. Создание замкнутых агробиотехносистем на базе цифровых технологий – новые возможности научного познания культур клеток и высших растений / В.Н. Зеленков, П.А. Верник // Актуальная биотехнология. - 2018. - №3 (26). - С.50-55.
5. Поверин Д. И. Новый подход к адекватному пищевому обеспечению населения планеты Земля // «Ноосфера — планета разума». Материалы международной научно-практической онлайн конференции / Издание осуществлено при поддержке АНО «Институт стратегий развития». — М.: Техносфера, 2017 — С. 413–429.
6. Жизненный цикл и экология растений: регуляция и управление средой обитания в агробиотехносистемах. Сборник научных трудов. Выпуск 1. / Под редакцией профессора В.Н. Зеленкова. - М.: ТЕХНОСФЕРА, АНО «Институт стратегий развития», 2018. – 208 с. ISBN 978-5-94836-543-5

OPPORTUNITIES OF EXPERIMENTAL MODELING OF DEVELOPMENT OF ECOSYSTEMS ON MODELS OF VEGETABLE AND MEDICINE PLANTS IN DIFFERENT PHASES OF ONTOGENESIS WITH CONTROLLED ENVIRONMENTAL FACTORS USING THE EXPERIMENTAL SYNERGOTRON 1.01. MODEL

**V.N. Zelenkov^{1,2,3}, V.V. Latushkin¹, P.A. Vernik¹, S.V. Gavrilov¹,
V.B. Novikov¹, N.Yu. Svistunova²**

¹*INPO “Institute for Development Strategies”, Moscow, 125319, Russia,
e-mail: zelenkov-raen@mail.ru*

²*FSBSI “All-Russian Scientific Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants”,
Moscow, Russia*

³*All-Russian Scientific Research Institute of Vegetable Growing – the branch of
FSBSI “Federal Scientific Center of Vegetable Growing”,
Moscow region, Ramenskoe District, Vereya Village, Russia*

Abstract

The possibility of using the digital complex “synergotron” for experimental modeling of the growth and development of plants in agro-ecosystems in different phases of ontogenesis using the example of four model crops under controlled conditions is shown. When testing modes of pulsed irradiation, the dependence of plant responses on genetic characteristics, growth phase and the ratio of the duration and repetition period of impulses was established. The most favorable conditions for the studied plant species are 1 / 3ms and 1 / 3s. It was established that after seed germination under pulsed illumination, seedlings actively grow, but by the time of the formation of the 1st true leaf, growth almost completely ceases. Obviously, the transition to autotrophic nutrition (photosynthesis) does not occur to the full extent, and the nutrient reserves of the seed are exhausted.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ГАММААКТИВНЫХ ИЗОТОПОВ И ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ВЕРХНИХ ПОЧВЕННЫХ ГОРИЗОНТАХ СЕВЕРОДВИНСКОГО ПРОМЫШЛЕННОГО РАЙОНА

Е.Н. Зыкова

*Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики
им. академика Н.П. Лаверова РАН, г. Архангельск, Архангельская область,
163000, Россия, e-mail: abs2417@yandex.ru*

Главной задачей изучения окружающей среды является мониторинг радионуклидов в почвах вокруг крупных промышленных центров. Источниками поступления техногенных и естественных радиоактивных изотопов могут быть ядерные энергетические установки, закрытые, точечные источники излучения, химические соединения, применяемые в производстве и аварии. Среднемировое значение эквивалентной дозы для населения составляет порядка 3,5 мЗв в год, тогда как вклад фонового гамма-излучения в эту дозу составляет не менее 15%, не включая радон и космическое излучение [1]. Определение средних фоновых и повышенных значений активности изотопов вокруг промышленных предприятий является весьма нужным и интересным направлением.

Целью исследования являлся актуальный анализ содержания долгоживущих техногенных и природных радиоактивных изотопов в верхних почвенных горизонтах на территории в непосредственной близости к Северодвинскому промышленному району (СПР). Задача заключалась в том, чтобы определить значения активности таких техногенных и естественных радионуклидов как ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{60}Co , ^{152}Eu , ^{154}Eu , ^{40}K , ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{234}U , ^{235}U , ^{238}U в верхних горизонтах двух основных типов почв, встречающихся на данной территории. Группа таких радионуклидов как ^{40}K , ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{234}U , ^{235}U , ^{238}U относится к природным и на постоянной основе, в большей или меньшей степени, содержится в почве и определяет естественный радиоактивный фон.

Первые два техногенных изотопа ^{134}Cs ($T_{1/2}$ 2,06 лет), ^{137}Cs ($T_{1/2}$ 30,16 лет) весьма радиотоксичны [2]. Образуются преимущественно при делении ядер в ядерных реакторах, содержатся в радиоактивных выпадениях, радиоактивных отходах. Эти изотопы цезия одни из главных элементов радиоактивного загрязнения биосферы. Активно поглощаются растениями, в обедненных кальцием торфяно-болотных почвах. Не смотря на то, что ^{134}Cs имеет более короткий период полураспада, он обладает более жестким по сравнению с ^{137}Cs излучением и большой активностью ($4,7 \cdot 10^{13}$ Бк/г)[3].

Не менее опасны и изотопы ^{58}Co , ^{60}Co . В выбросах АЭС эксплуатирующихся много лет, даже при безаварийной работе, возможно присутствие продуктов активации таких изотопов как ^{60}Co и других, являющихся следствием коррозии металла и активации растворенных веществ в воде первого контура. Даже при незначительных дефектах оболочек тепловыделяющих элементов продукты деления проникают в теплоноситель. Далее они распространяются по вентиляционным и канализационным системам. Кроме того, ^{60}Co широко применяется в гамма-дефектоскопии для контроля и регулирования уровня расплавленного металла в плавильных печах непрерывной разливки, в гамма-толщиномерам и радиоизотопных электрогенераторах.

Высокотоксичными радионуклидами также являются ^{152}Eu ($T_{1/2}$ 13,525 лет), ^{154}Eu ($T_{1/2}$ 8,601 лет) [4]. Источниками поступления изотопов европия могут быть разгерметизация и разрушение закрытых источников гамма-излучения на производстве, а также отголоски глобальных выпадений от испытаний ядерного оружия в атмосфере

в 60-х годах 20 века. Международный стандарт ISO 2919:1999, относит радиотоксичность европия ^{152}Eu и ^{154}Eu к той же группе В1 (высокая токсичность), что и токсичность промышленных радионуклидов ^{60}Co и ^{137}Cs [4]. Кроме того, изотопы европия являются перспективными закрытыми источниками гамма-излучения для нужд промышленности и их постоянный экологический мониторинг также необходим.

Естественные радиоактивные изотопы ^{40}K ($T_{1/2}$ $1,248 \cdot 10^9$ лет), ^{226}Ra ($T_{1/2}$ $1,6 \cdot 10^3$ лет), ^{232}Th ($T_{1/2}$ $1,405 \cdot 10^{10}$ лет) вносят существенный вклад в радиационную обстановку местности [5]. Несмотря на то, что генотип человека сформировался на фоне облучения данными радионуклидами их повышенные концентрации в почве и других объектах биосферы оказывают угнетающее и канцерогенное воздействие на организм. Источником избыточного количества ^{40}K в почве могут быть калийные удобрения, соли калия, используемые в гальванотехнике и аккумуляторах на предприятиях, при сушке газов в металлургии, варке стекла, ядерных реакторах. Следует отметить, что пероксид калия и супероксид калия используются для регенерации воздуха на подводных лодках. Источником поступления ^{226}Ra в окружающую среду могут быть локальные свалки приборов со светомассой постоянного действия применявшейся в 60-х годах 20 века. ^{226}Ra также может поступать в окружающую среду в виде продукта распада материнского альфа-активного изотопа ^{230}Th , присутствующего в ядерных энергетических установках. ^{232}Th применяется в атомной энергетике в высокотемпературных жидко-солевых реакторах совместно с ураном, плутонием и используется в металлургии в высокотемпературных печах.

Кроме того, большой интерес представляют собой изотопы урана, содержащиеся как в природе, так имеющие и техногенное происхождение. Обогащенный и обедненный уран широко используется в промышленности, военном деле, медицине, науке в качестве радиационной защиты, источника ядерной энергии, ядерного оружия, брони, лучевой терапии и генераторов нейтронов [6]. Разумеется, в любой из этих отраслей возможны его утечки и выбросы, которые накапливаться в почвах и могут оказывать негативное влияние на здоровье человека, благодаря, альфа излучению и химической токсичности.

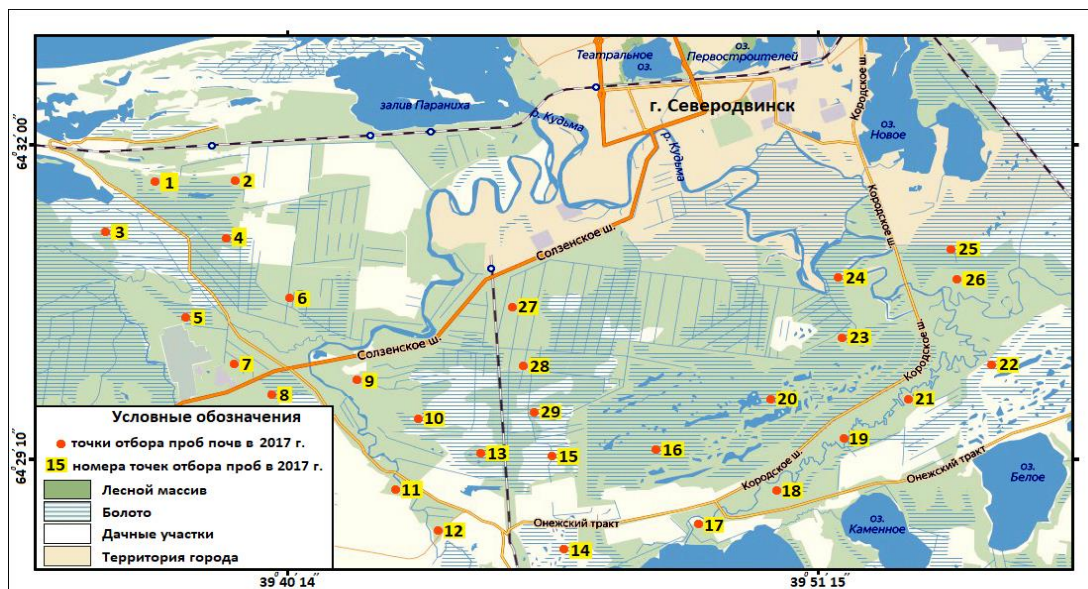


Рис. 1. Схема расположения точек отбора проб почв в районе Северодвинского промышленного района.

Для решения поставленной задачи была выбрана территория, прилегающая к Северодвинскому промышленному району, на которой содержатся все возможные источники поступления в окружающую среду исследуемых радионуклидов. В ходе экспедиционных работ летом 2017 было отобрано 29 проб верхнего почвенного го-

ризонта двух типов почв, которые обозначены как серия образцов SM-XX-17, где XX соответствует номеру точки отбора на рисунке 1.

Для болотно-подзолистого типа почв отбирались горизонты Ат-А₁ на глубину 15 см. На местах с торфяно-болотным верховым типом почв отбирался горизонт Т на глубину до 15 см. Измерение проб производилось на гамма-спектрометре ORTEC с полупроводниковым детектором по геометрии Маринелли. Также был проведен цикл радиохимической подготовки проб для альфа-спектрометрических измерений изотопов урана на спектрометре «Прогресс-альфа». [7].

В результате проведенных исследований верхних горизонтов двух типов почв были определены значения активности вышеупомянутых радионуклидов. К торфяно-болотному верховому типу почв были отнесены 22 образца, сюда вошли пробы, отобранные в точках 1-8, 10, 12-15, 17-25. К болотно-подзолистому типу почв принадлежат 7 проб, отобранных в точках 9, 11, 16, 26-29.

Средние значения активности техногенных изотопов в торфяно-болотных верховых почвах составляют: ¹³⁴Cs 2,32 (Бк/кг); ¹³⁷Cs 21,92 (Бк/кг); ⁶⁰Co 2,88 (Бк/кг); ¹⁵²Eu 4,65 (Бк/кг); ¹⁵⁴Eu 3,43 (Бк/кг) (рисунок 2а.). В верхнем горизонте торфяно-подзолистых почв средняя активность искусственных изотопов варьирует от 2,18 до 29,19 Бк/кг. Активность ¹³⁷Cs, ⁶⁰Co и ¹⁵⁴Eu несколько выше в верхних горизонтах торфяно-болотного верхового типа, чем в болотно-подзолистых почвах. Средние активности естественных радиоизотопов, таких как торий и калий немного выше в болотно-подзолистом типе почв. Средние значения этих изотопов, обнаруженные на данной территории, составляют в болотно-подзолистой почве 5,85 Бк/кг, а в торфяно-болотной 8,70 Бк/кг. Средняя активность тория варьирует от 7,87 Бк/кг в болотно-подзолистой до 5,78 Бк/кг в торфяно-болотной почве. Калий-40 показывает средние значения активности 79,55 Бк/кг в торфяно-болотных верховых почвах, достигая 310,34 Бк/кг в болотно-подзолистом типе почв.

По площади района исследования наиболее загрязненными техногенными радионуклидами являются участки в точках отбора проб 2,4,5,6,7,9,13,20 в которых суммарная гамма-активность техногенных изотопов превышает 50 Бк/кг (рисунок 2). Суммарная активность здесь варьирует от 58,3 Бк/кг (точка 2) до 132,1 Бк/кг (точка 7). Наибольший вклад в активность в этих пробах вносит ¹³⁷Cs, аккумулируемый в основном в растительности и органическом веществе. Этим объясняется и то, что только одна точка 9 из вышеупомянутых относится к болотно-подзолистому типу почв, в которой зафиксировано значение гамма активности выше 50 Бк/кг. В то время как остальные пробы (2,4,5,6,7,13,20) это торфяно-болотный тип почв с высоким содержанием органических веществ.

Гамма-активность ряда естественных радионуклидов ⁴⁰K, ²²⁶Ra и ²³²Th, характеризуется на данной территории типичными фоновыми значениями. Суммарная активность в верхнем горизонте Т торфяно-болотных почв колеблется от 7,81 Бк/кг (точка 12) до 210,57 Бк/кг (точка 25) и соответствует фоновым значениям в данном типе почв. Разумеется, максимальный вклад в активность этой группы радионуклидов вносит ⁴⁰K. Отобранные пробы, относящиеся к болотно-подзолистому типу почв, имеют активность несколько выше, чем торфяно-болотные в силу иного естественного минерального состава, имеющего больше калия. Максимальные значения суммарной активности достигают в данном типе почв 439,81 Бк/кг (точка 11). Повышенных значений, указывающих на техногенное поступление ⁴⁰K, ²²⁶Ra и ²³²Th в почву на данной территории, не выявлено.

Отсутствует также несбалансированность изотопов, которая указывает на техногенное воздействие на верхние слои почвы. Из рисунка 2 видно, что вклад техногенных изотопов в общую активность почв иногда значительно превышает долю естественных изотопов. Например, в точках отбора проб 7, 12, 19 доля техногенных изотопов превышает вклад естественных изотопов в 2,8; 5,4 и 2,8 раза соответственно.

Интересно и то, что все эти точки относятся к торфяно-болотному типу почв. В болотно-подзолистых почвах большую долю гамма-активности вносят калий содержащие минералы и из-за этого вклад в гамма-активность техногенных изотопов нивелируется.

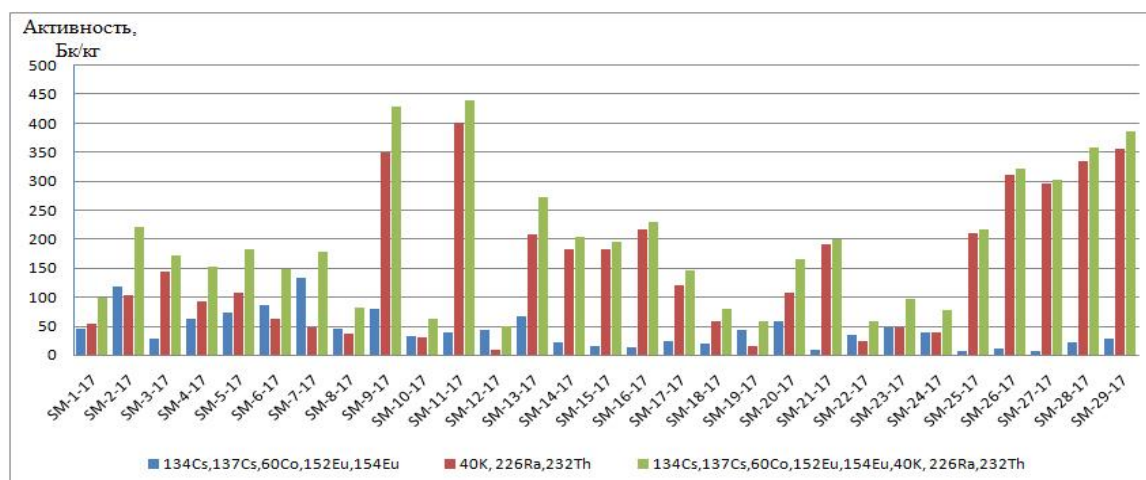


Рис. 2 Соотношение общей гамма-активности техногенных и естественных изотопов и их вклад в общую суммарную активность проб почв.

В верхних горизонтах торфяно-болотного верхового типа почв среднее значение ^{238}U в серии отобранных проб составляло 0,383 Бк/кг. Средняя активность ^{234}U , и ^{235}U составляла соответственно 0,466 и 0,098 Бк/кг почвы. Общая суммарная активность урана в торфяно-болотных почвах варьировала от 0,685 Бк/кг (точка 15) до 1,187 и 1,214 Бк/кг в точке 6 и 23 соответственно. В торфяно-подзолистом типе почв средняя альфа-активность ^{238}U в образцах была в пределах 0,427 Бк/кг. Средняя активность ^{234}U , и ^{235}U составляла соответственно 0,535 и 0,079 Бк/кг почвы. Общая активность изотопов урана в болотно-подзолистых почвах имела минимальные значения в точке точка 16 (0,732 Бк/кг), а относительно высокие уровни активности были обнаружены в точке 27 (1,446 Бк/кг). Низкая активность изотопов урана в торфяно-болотных верховых почвах обуславливается низким содержанием минерального вещества и повышенной кислотностью этого типа почв, что обеспечивает переход соединений урана в подвижную форму с последующим вымыванием его в нижележащие горизонты.

В целом можно сказать, что наибольшие значения техногенных радионуклидов в верхних горизонтах почв располагаются к западу от Северодвинского промышленного района. Гамма-активность естественных изотопов соответствует фоновым значениям для данных типов почв [8,9]. В основном наибольшие активности определяются в верхнем горизонте болотно-подзолистых почв. На исследуемой территории не обнаружено превышения активности изотопов ^{40}K , ^{226}Ra и ^{232}Th , как и их дисбаланса. В процессе исследований не было выявлено какой-либо корреляции в распределении техногенных гамма-активных изотопов и изотопов урана. Учитывая распределение среднегодовых потоков воздушных масс, можно предположить, что источником техногенных изотопов на западе от Северодвинского промышленного района могли быть отголоски выбросов с локальных объектов (свалки, хранилища радиоактивных отходов и т.п.) западнее СПР в прошлом. Все полученные значения техногенных и природных гамма-активных изотопов ниже предельно допустимых величин, как и активность трех альфа-активных изотопа урана и не могут оказывать негативного влияния на окружающую среду.

Эта работа была выполнена при поддержке, темы НИР, номер АААА-А19-119011890018-3.

Список литературы

1. Зыкова Е.Н., Зыков С.Б., Яковлев Е.Ю., Ларионов Н.С. Четные изотопы урана в поверхностных водах группы малых озер северо-запада архангельской области / Е.Н. Зыкова, С.Б. Зыков, Е.Ю. Яковлев, Н.С. Ларионов // Успехи современного естествознания, 2018. – № 4 – С. 114-120.
2. Кошелев Ф.П., Силаев М.Е., Селиваникова О.В. // Технологии ЯТЦ и экология: Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2008. – 208 с.
3. Mietelski J.W., Kierepko R., Lokas E., [et al.] Combined, sequential procedure for determination of ^{137}Cs , ^{40}K , ^{63}Ni , ^{90}Sr , $^{230,232}\text{Th}$, $^{234,238}\text{U}$, ^{237}Np , $^{238,239+240}\text{Pu}$ and ^{241}Am applied for study on contamination of soils near Zarnowiec Lake (northern Poland) / J.W. Mietelski, R. Kierepko, E. Lokas, [et al.] // Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 310(2), P. 661–670. doi:10.1007/s10967-016-4835-0
4. Зыкова Е.Н., Зыков С.Б., Яковлев Е.Ю., Ларионов Н.С. Сравнительно-временной анализ содержания тяжелых металлов в аномальных зонах почв северодвинского промышленного района / Е.Н. Зыкова, С.Б. Зыков, Е.Ю. Яковлев, Н.С. Ларионов // Успехи современного естествознания, 2018. – № 8 – С. 130-135.
5. Дюльдя С.В., Братченко М.И., Скоробогатов М.А. Радионуклиды европия как источники излучения для гамма-радиационных технологий: моделирование распределений поглощенной дозы в гомогенных средах. / С.В. Дюльдя, М.И. Братченко, М.А. Скоробогатов // Вопросы атомной науки и техники. Серия: Физика радиационных повреждений и радиационное материаловедение, 2004. – № 3(85) – С. 128-14.
6. Головки В. Проблемы обеднённого урана / В. Головки // Наука и техника, 2015. – Т. 112, № 09 — С. 20-24.
7. Методика измерений удельной активности изотопов урана (^{238}U , ^{234}U , ^{235}U) в пробах почв, грунтов, донных отложений и горных пород и строительных материалов на их основе альфа-спектрометрическим методом с радиохимической подготовкой // Лаборатория изотопных методов анализа ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт минерального сырья им. Н.М. Федоровского». – М., 2013. – 18 с.
8. Зыков С.Б., Дружинин С.В., Зыкова Е.Н., Яковлев Е.Ю., Покровский О.С. Новые данные о долгоживущих техногенных и естественных радиоактивных изотопах в верхних горизонтах почвы в окрестностях Северодвинского промышленного района / С.Б. Зыков, С.В. Дружинин, Е.Н.Зыкова, Е.Ю. Яковлев, О.С. Покровский // Успехи современного естествознания, 2018. –№ 11(2) – С. 328-333.
9. Wieser, M.E. Atomic weights of the elements 2011 (IUPAC Technical Report): / M.E. Wieser, N. Holden, T.B. Coplen [et al.] // Pure and Applied Chemistry, 2013. — Vol. 85, Is. 5. — P. 1047-1078.

DISTRIBUTION OF GAMMA-ACTIVE ISOTOPES AND HEAVY METALS IN THE UPPER SOIL HORIZONS OF SEVERODVINSK INDUSTRIAL AREA

E.N. Zyкова

*Federal Centre for Integrated Arctic Research named after N.P. Laverov RAS,
Archangelsk, Archangelsk region, 163000, Russia, e-mail: abs2417@yandex.ru*

Abstract

The article describes the features of the distribution of long-lived gamma and alpha active isotopes in the upper soil horizons around the Severodvinsk industrial region. The assessment of their activity and concentration in the marsh-podzolic and peat-marsh soil types was carried out. The contribution of technogenic isotopes to the total radiation background of a given locality is estimated. Identified places of their elevated concentrations.

УДК 614.71

**ОЦЕНКА НЕКАНЦЕРОГЕННОГО РИСКА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ
ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА Г. КАЛУГИ
ВЗВЕШЕННЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ, ДИОКСИДОМ АЗОТА
И ОКСИДОМ УГЛЕРОДА**

В. Е. Иванова¹; Г.В. Лаврентьева¹; Р.Р. Шошина²

¹ *Калужский филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», г. Калуга, 248600, Россия, e-mail: zajtseva.vero@yandex.ru*

² *ООО фирма "Экоаналитика", г. Калуга, 248033, Россия*

В настоящее время одним из приоритетных аспектов, оказывающих постоянное воздействие и во многом определяющий уровень санитарно-эпидемиологического благополучия населения, является качество атмосферного воздуха [1]. При этом наиболее эффективным и международно-признанным направлением при решении вопросов санитарно-эпидемиологического благополучия населения на современном этапе развития социально-экономической и политической ситуации в России является переход на риск-ориентированный подход [2].

Следует отметить, что как в выбросах предприятий различных отраслей экономики, так и в выбросах автотранспорта наблюдается достаточно широкая номенклатура загрязняющих веществ. При этом наиболее распространенными примесями в выбросах являются оксид углерода (СО), взвешенные вещества (пыль), диоксид азота (NO₂). Эти загрязняющие вещества атмосферного воздуха являются приоритетными [3], в том числе и для г. Калуга [4]. Несмотря на наличие большого массива данных инструментального контроля, процедура оценки и анализа риска для здоровья населения г. Калуги при загрязнении атмосферного воздуха не представлена в широкой печати. На основании вышесказанного особую актуальность приобретает оценка возможного риска негативного воздействия загрязняющих веществ атмосферного воздуха на население г. Калуги с учетом данным многолетнего мониторинга.

В связи с этим целью работы является оценка неканцерогенного риска для здоровья населения г. Калуги при загрязнении атмосферного воздуха взвешенными веществами (пыль) NO₂, СО.

Для выполнения настоящих исследований использованы многолетние данные (2013 – 2017 гг.) инструментального мониторинга атмосферного воздуха г. Калуги, проведенные в рамках ведения сводных расчетов и наполнения баз данных территориальной системы наблюдения за состоянием окружающей среды [5], предоставленных ООО фирмой "Экоаналитика".

На основании имеющихся данных проведен расчет и оценка риска неканцерогенных эффектов для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих атмосферный воздух в соответствии с методическими рекомендациями по оценке риска «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» [6]. Данные методические рекомендации являются общепринятыми в РФ и позволяют рассмотреть все пути поступления загрязняющих веществ в организм, а также их комплексное воздействие. Кроме того, в [6] рекомендованы этапы скрининговой оценки, осуществляемой с целью предварительной характеристики возможных источников опасности и уровней рисков. При этом исследования могут быть ограничены несколькими или даже одним этапом оценки.

В данной работе проведена скрининговая оценка с целью предварительной характеристики возможных источников опасности и уровней рисков для здоровья населения г. Калуги [6].

Характеристику риска развития неканцерогенных эффектов для отдельных веществ проводили на основе расчета коэффициента опасности (HQ), при комбинированном воздействии - на основе расчета индекса опасности (HI).

В таблице 1 приведены критерии уровня риска, по которым оценивали коэффициент опасности развития неканцерогенных эффектов (HQ) для отдельных веществ и индекс опасности развития неканцерогенных эффектов (HI) для группы веществ с однонаправленным действием.

Таблица 1

Классификация уровней риска [7]

Уровень риска	Индивидуальный пожизненный канцерогенный риск и риск других социально значимых эффектов	Коэффициент опасности развития неканцерогенных эффектов (HQ) для отдельных веществ	Индекс опасности развития неканцерогенных эффектов (HI) для группы веществ с однонаправленным действием
Высокий	$> 10^{-3}$	> 3	> 6
Настораживающий	$1.1 \cdot 10^{-4} - 1.0 \cdot 10^{-3}$	1.1 – 3	3.1 – 6
Допустимый	$1.1 \cdot 10^{-6} - 1.0 \cdot 10^{-4}$	0.11 – 1.0	1.1 – 3.0
Минимальный (целевой)	10^{-6} и менее	0.1 и менее	1.0 и менее

Оценку риска для здоровья населения в рамках данной работы проводили с учетом следующих загрязняющих веществ: оксид углерода (CO), взвешенные вещества (пыль), диоксид азота (NO₂). Данные вещества являются приоритетными загрязнителями атмосферного воздуха [3, 4], в связи с чем наиболее полно контролируются при проведении экологического мониторинга.

Путь поступления данных веществ из атмосферного воздуха в организм человека – ингаляционный. Критическими органами/системами при воздействии взвешенных веществ (пыли), оксида углерода и диоксида азота на человека являются органы дыхания, кровь, сердечно-сосудистая система, т.е. данные вещества однонаправленного действия. Рассматриваемые вещества не являются канцерогенными.

Для проведения оценки неканцерогенного риска для здоровья населения при загрязнении атмосферного воздуха учитывались данные производственного контроля воздуха в жилых районах в зоне влияния выбросов предприятий. Это было связано, в первую очередь, с тем, что данные результаты попадают под действие законодательно-нормативной системы контроля загрязнения воздуха.

Анализ полученных значений коэффициента опасности развития неканцерогенных эффектов (HQ) для отдельных веществ позволяет заключить следующее.

Частота встречаемости величины допустимого уровня неканцерогенного риска при учете загрязнения воздуха оксидом углерода в течение всего исследуемого периода наблюдалась примерно для 95 % (19 из 20) участков мониторинга. При этом минимальный неканцерогенный риск для населения при воздействии оксида углерода отмечается в зоне влияния предприятий по производству электрооборудования, электронного и оптического оборудования, максимальный – предприятий, выпускающих неметаллические минеральные изделия и транспортные средства и оборудования. Следует отметить, что за весь период наблюдений не отмечается превышения

допустимого уровня неканцерогенного риска для населения в случае загрязнения воздуха оксидом углерода.

При воздействии диоксида азота, содержащегося в атмосферном воздухе г. Калуги, отмечается положительная тенденция в сторону преобладания допустимого неканцерогенного риска в период 2016 – 2017 гг. на фоне преобладания настораживающего риска в 2013 – 2014 гг. на 13-14 участках мониторинга из 20-ти. При этом настораживающий неканцерогенный риск с учетом диоксида азота отмечается в зоне влияния предприятий по производству транспортных средств и оборудования. Стабильно низкий уровень риска для населения по диоксиду азота наблюдается для участков мониторинга, территориально расположенных возле предприятий по производству электронного и оптического оборудования, предприятий, выпускающих неметаллические минеральные изделия и транспортные средства и оборудования. Однако на протяжении всего мониторингового периода неканцерогенный риск при воздействии диоксида азота остается высоким для одного участка мониторинга, который, возможно, попадает в зону влияния предприятия по производству электрооборудования (ул. Болдина).

Содержание взвешенных веществ (пыли) в атмосферном воздухе города приводит к формированию риска для здоровья населения, отличного от минимального, во все годы мониторинговых наблюдений для всех точек наблюдения. Допустимый уровень риска наблюдается на территориях с преобладанием предприятий по распределению электроэнергии, газа и воды. Также в период с 2015 по 2017 гг. отмечается территориальное расширение участков города с преобладанием допустимого риска для здоровья населения.

С учетом взвешенных веществ в период с 2014 по 2016 гг. количество участков, находящихся в зоне настораживающего и высокого рисков было примерно одинаковым.

Улучшение состояния атмосферного воздуха с учетом его загрязнения диоксидом азота и взвешенными веществами (пылью) может быть, в первую очередь, результатом проведения природоохранных мероприятий со стороны предприятий г. Калуги, в том числе в рамках проведения Года экологии в 2017 г.

Оценка динамики индекса опасности развития неканцерогенных эффектов (НИ) для группы веществ (оксид углерода, диоксид азота, взвешенные вещества (пыль)) с однонаправленным действием на участках мониторинга в период с 2013 по 2017 гг. (рис. 1) позволяет выявить отсутствие контролируемых участков с минимальным риском для здоровья населения.



Рис. 1. Частота встречаемости риска по величине НИ

Следует отметить, что в период с 2013 по 2016 гг. преобладает настораживающий риск для здоровья населения, который, возможно, формируется за счет эксплуатации предприятий по производству неметаллических минеральных изделий, электрооборудования (электронного и оптического оборудования), транспортных средств и оборудования, территориально расположенных на ул. Гурьянова, Болдина и пер. Малинники. При этом основной вклад в формирование настораживающего риска вносят диоксид азота и взвешенные вещества (пыль). Высокий риск развития неканцерогенных эффектов у населения в результате суммарного действия загрязняющих веществ отмечается на небольшой части территории города, а основной вклад в формирование риска вносят взвешенные вещества (пыль). Однако к 2017 г. наблюдается положительная тенденция территориального расширения участков контроля с допустимым риском для здоровья населения и, соответственно, снижения вероятности возникновения неканцерогенных эффектов у человека.

Можно заключить, что в целом по всем рассматриваемым веществам на территории города отмечается внесение наибольшего вклада в формирование неканцерогенного риска выбросов предприятий по производству неметаллических минеральных изделий, электрооборудования (электронного и оптического оборудования), транспортных средств и оборудования. Также нельзя исключать влияние автотранспорта на формирование неканцерогенного риска. Наиболее загруженные улицы города располагаются в зоне влияния предприятий, оказывающих наибольший вклад в формирование неканцерогенного риска для здоровья населения.

В целом состояние воздушной среды г. Калуги по показателю неканцерогенного риска развития заболеваний у населения является стабильным с тенденцией к улучшению. Однако суммарный риск для здоровья населения с 2013 по 2017 гг. является настораживающим. При этом к 2017 г. происходит увеличение участков мониторинга с допустимым риском для здоровья населения и, как следствие, наблюдается снижение вероятности возникновения неканцерогенных эффектов у населения. Минимальный вклад в суммарный риск для здоровья населения вносит оксид углерода, максимальный – взвешенные вещества (пыль).

Список литературы:

1. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2016 году: Государственный доклад. – М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2017. – 220 с.
2. Зайцева Н.В., Май И.В., Шур П.З. Анализ риска здоровью населения на современном этапе // *Здравоохранение РФ*. 2013. №2. С. 20-24.
3. Амирянова Г.Ф., Шагидуллин А.Р., Гилязова А.Ф., Магдеева А.Р., Шагидуллин Р.Р. Определение перечня веществ для контроля в атмосферном воздухе г. Казани на основе расчета приземных концентраций // *Российский журнал прикладной экологии*. 2016. №1 (5). С. 28-32.
4. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Калужской области в 2017 году: Государственный доклад. Калуга. Управление Роспотребнадзора по Калужской области, 2018. – 179 с.
5. Сайт «Экологический мониторинг Калужской области» <http://old.admoblkaluga.ru/ecology/> (дата обращения 11.11.2018).
6. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 143 с.
7. Практические рекомендации по вопросам оценки радиационного воздействия на человека и биоту. – Под общей редакцией И.И. Линге и И.И. Крышева. – 2015 г. – 265 с.

**ASSESSMENT OF NON-CARCINOGENIC RISK TO PUBLIC HEALTH
FROM AIR POLLUTION IN THE CITY OF KALUGA SUSPENDED SOLIDS,
NITROGEN DIOXIDE AND CARBON MONOXIDE**

V.E. Ivanova¹, G.V. Lavrentyeva¹, R.R. Shoshina²

*¹Bauman Moscow State Technical University (Kaluga Branch),
Kaluga, 248600, Russia, e-mail: zajtseva.vero@yandex.ru*

²LLC firm "Ecoanalytics", Kaluga, 248033, Russia, e-mail: rerish@inbox.ru

Abstract

The assessment of non-carcinogenic risk for the population of the city of Kaluga, taking into account air pollution with nitrogen dioxide, carbon monoxide and suspended solids (dust). The assessment was carried out taking into account the risk factors for the development of non-carcinogenic effects for individual substances and the hazard index for a group of substances with unidirectional action. In the period from 2013 to 2016 for the health of the population prevailed alarming risk, in the formation of which the main contribution was made by air pollution with nitrogen dioxide and suspended solids (dust). In 2017, there is an increase in monitoring sites with an acceptable risk to public health.

ОЦЕНКА ДИНАМИКИ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ БАСЕЙНА РЕКИ ОКИ В СОВРЕМЕННЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Г.Х. Исмайылов¹, Н.В. Муращенко²

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени

К.А. Тимирязева, г. Москва 127550, Россия,

e-mail: ¹gabil-1937@mail.ru, ²splain75@mail.ru

Формирование речного стока является сложным природным процессом, происходящим в определенной географической среде и находящимся под влиянием множества разнообразных факторов. Главную роль в нем играют климатические факторы (количество и режим выпадения атмосферных осадков, температура воздуха, испарение и др.). Их влияние на речной сток тем сильнее, чем меньше площадь речного бассейна и короче рассматриваемый период. Климат воздействует на речной сток не только непосредственно, но и через другие природные факторы: почву, растительность, рельеф, залесенности, заболоченности, озерности и др. Гидрогеологические условия определяют величину подземного питания рек бассейна.

Происходящие естественные изменения глобального и как следствие регионального климата проявляются в изменение процессов общей циркуляции атмосферы, перераспределении выпадающих атмосферных осадков на территории бассейнов рек. Климатические флуктуации приводят к изменению элемента водного баланса речного бассейна – речного стока и к его внутригодовому перераспределению (увеличению доли меженного стока и снижению стока весеннего половодья).

Река Ока – крупный и многоводный правый приток Волги, берет свое начало в Орловской области в центре Среднерусской возвышенности на высоте 226 м над уровнем моря. Длина реки Оки – 1500 км. Течение реки разделяют на три части: верхнее течение (длина 645 м) – от истока и до впадения реки Москвы, среднее течение – от устья р. Москвы и до впадения р. Мокши, нижнее течение – от впадения реки Мокши и до устья реки Оки. Площадь бассейна реки Оки составляет 245 000 км². На территории бассейна расположены Орловская, Тульская, Калужская, Московская, Ивановская, Рязанская, Владимирская, Тамбовская, Пензенская, Нижегородская области и республика Мордовия. В бассейне реки находится крупный мегаполис – г. Москва. Речной сток Оки до сих пор незарегулирован, за исключением лишь бассейна реки Москвы, в котором функционирует Москворецкая водохозяйственная система, обеспечивающая водой Московский регион.

Река Ока относится к равнинным рекам, с характерным высоким весенним половодьем, низкой летне-осенней меженью, прерываемой дождевыми паводками и зимней меженью. В последнее время на реках бассейна Оки часто происходят зимние паводки, вызванные таянием снега, в связи со значительным повышением температуры воздуха зимнего периода.

В настоящей работе выполнен ретроспективный анализ и оценка многолетних изменений годового и сезонного стока бассейна реки Оки за достаточно продолжительный 127-летний период (1881/1882–2007/2008 гг.).

Среднемноголетний расход воды реки Оки в ее верхнем течении в створе г. Беллев ($F=17500$ км²) составляет 81,3 м³/с, а расход воды в створе г. Калуга ($F=54900$ км²), после впадения крупного притока р. Угры возрастает до 295,3 м³/с, и в замыкающем створе бассейна (г. Горбатов) на площади бассейна $F=244000$ км² составляет 1263,6 м³/с. Среднемноголетний объем стока изменяется от 2,6 км³/год в верхнем течении до 40 км³/год в замыкающем створе бассейна реки. Среднегодовой модуль стока с территории бассейна реки колеблется от 5,4 - 5,6 л/(с*км²) в верхнем течении

(до г. Калуги) до 3,4-3,7 л/(с*км²) на правобережных притоках нижнего течения реки (р. Мокша, р. Цна).

Аномально высокая водность реки Оки наблюдалась в 1908 году. Модульные коэффициенты стока (K_i) реки Оки, характеризующие отношение стока за 1908 год к его норме, изменяются от 1,76-1,88 в верхнем течении реки (до г. Кашира) до 1,45-1,47 в низовьях реки (после впадения р. Мокши).

Год аномально низкой водности в бассейне реки Оки – 1921 г. Распределение модульных коэффициентов стока за этот год показывает, что в верхнем течении реки сток был ниже нормы на 45-46% ($K=0,45-0,46$), а в нижнем течении реки – на 52-54% ($K=0,52-0,54$).

В работе выполнен анализ изменения внутригодового распределения объема стока реки Оки по сезонам года (весеннее половодье, летне-осенняя и зимняя межень) от его годового значения за выделенные периоды времени (до и после 1976/1977 гг.). За последние десятилетия речной сток формируется в новых климатических условиях, связанных с изменением глобального и как следствие регионального климата. Внутригодовое распределение объемов стока бассейна реки Оки представлено в таблице 1. В верхнем течении бассейна реки Оки (до г. Калуги) распределение долей сезонного стока от годового объема наблюдающееся до 1977/1978 года следующее: сток весеннего половодья, летне-осенней и зимней межени составляет соответственно 66, 25 и 9%. За период после 1977/1978 года и по настоящее время доля весеннего стока снизилась до 51%, летне-осеннего и зимнего стока - соответственно до 33 и 16%. В нижнем течении бассейна Оки (до г. Горбатов) изменение доли весеннего стока составило от 61 до 48%. В бассейне р. Угры, имеющем наибольшую залесенность (55%) территории бассейна изменение стока весеннего половодья менее выражено и составляет 8%.

В современных климатических условиях на объем весеннего стока в бассейне р. Мокши (крупном правом притоке р. Оки в нижнем течении) приходится наибольшая доля стока - 65%, а наименьшая доля отмечается в замыкающем створе бассейна Оки (до г. Горбатов) и составляет 48 % от годового объема стока. Увеличение доли стока летне-осенней межени в верхнем течении Оки за последние десятилетия составляет от 22-25 % до 32-34%, и в замыкающем створе бассейна - от 28 до 36 %. Менее выражено изменение летне-осеннего стока в бассейне р. Мокши - с 18 до 23%.

Наиболее интенсивное изменение происходит со стоком зимней межени, связанное с повышением зимней температуры воздуха и как следствие увеличением повторяемости зимних оттепелей и повышением инфильтрационных потерь в бассейне реки. В верхнем течении реки Оки объем стока зимней межени увеличивается с 0,9 до 1,53 км³/год, а в бассейне р. Мокши увеличение достигает своего максимума (от 0,22 до 0,44 км³/год). В целом по бассейну реки Оки на площади водосбора 244000 км² (до г. Горбатов) объем стока зимней межени возрастает от 4,3 до 6,9 км³/год. Характерное изменение внутригодового распределения стока свидетельствует о происходящих климатических изменениях, вызывающих перестройку водного режима рек, наиболее чувствительных к происходящим природным воздействиям.

Следующим этапом в работе выполнен анализ пространственно-временных изменений модуля стока и слоя стока бассейна реки Оки. Модуль среднегодового стока изменяется зонально: от 4,2-4,6 л/с*км² в верховье реки Оки (до г. Белев) и в бассейнах рек Крома, Цон, затем в среднем течении Оки (до с. Половское) возрастает до 5,5-5,6 л/с*км² и к нижнему течению реки Оки перед впадением в Волгу снижается до 4,9-5,1 л/с*км² (замыкающий створ бассейна г. Горбатов).

Наиболее высокие значения модуля годового стока наблюдаются на водосборных территориях левобережных притоков Оки - реках Жиздра, Угра, Протва и составляют 5,8-5,9 л/с*км². Бассейны указанных рек имеют высокие значения густоты речной сети 0,43-0,48 км/км². Самые низкие значения модуля годового стока отме-

чаются в бассейнах рек Цна и Мокша и составляют 3,4-3,7 л/с*км², которые обусловлены определенными климатическими (атмосферные осадки-испарение) и гидрогеологическими особенностями (наличие карстовых пород, глубина залегания грунтовых вод и др.).

Таблица 1

Внутригодовое распределение объема стока бассейна реки Оки за выделенные периоды времени, км³/год

Река-створ	Площадь бассейна реки, км ²	Расчетный период	Весеннее половодье (III-IV)	Летне-осенняя межень (VI-XI)	Зимняя межень (XII-II)	Год в целом (III-II)
р. Ока – г. Белев	17500	1881/1882-1976/1977 гг.	<u>1,66*</u> 66	<u>0,62</u> 25	<u>0,25</u> 9	<u>2,53</u> 100
		1977/1978-2007/2008 гг.	<u>1,29</u> 48	<u>0,92</u> 34	<u>0,48</u> 18	<u>2,68</u> 100
р. Ока – г. Калуга	54900	1881/1882-1976/1977 гг.	<u>6,02</u> 66	<u>2,24</u> 25	<u>0,90</u> 9	<u>9,15</u> 100
		1977/1978-2007/2008 гг.	<u>4,97</u> 51	<u>3,2</u> 33	<u>1,53</u> 16	<u>9,71</u> 100
р. Ока – г. Муром	188000	1881/1882-1976/1977 гг.	<u>18,52</u> 63	<u>7,81</u> 27	<u>2,90</u> 10	<u>29,2</u> 100
		1977/1978-2004/2005 гг.	<u>16,37</u> 51	<u>10,97</u> 34	<u>4,72</u> 15	<u>32,1</u> 100
р. Ока – г. Горбатов	244000	1891/1892-1976/1977 гг.	<u>24</u> 61	<u>11,15</u> 28	<u>4,3</u> 11	<u>39,5</u> 100
		1977/1978-2007/2008 гг.	<u>20,3</u> 48	<u>15,37</u> 36	<u>6,9</u> 16	<u>42,53</u> 100
р. Крома – Черкасская	853	1952/1953-1976/1977 гг.	<u>0,07</u> 66	<u>0,023</u> 22	<u>0,012</u> 12	<u>0,103</u> 100
		1977/1978-2002/2003 гг.	<u>0,06</u> 50	<u>0,04</u> 33	<u>0,021</u> 17	<u>0,12</u> 100
р. Жиздра – с. Дубровка	1900	1954/1955-1976/1977 гг.	<u>0,18</u> 62	<u>0,08</u> 26	<u>0,04</u> 12	<u>0,29</u> 100
		1977/1978-2000/2001 гг.	<u>0,18</u> 51	<u>0,12</u> 34	<u>0,05</u> 14	<u>0,35</u> 100
р. Угра – п.г.т. Товарково	19300	1930/1931-1976/1977 гг.	<u>1,69</u> 62	<u>0,76</u> 28	<u>0,29</u> 10	<u>2,74</u> 100
		1977/1978-2006/2007 гг.	<u>1,59</u> 54	<u>0,94</u> 32	<u>0,44</u> 14	<u>2,97</u> 100
р. Протва – с. Спас-Загорье	3640	1937/1938-1976/1977 гг.	<u>0,39</u> 65	<u>0,15</u> 25	<u>0,058</u> 10	<u>0,60</u> 100
		1977/1978-2007/2008 гг.	<u>0,38</u> 51	<u>0,26</u> 35	<u>0,10</u> 14	<u>0,74</u> 100
р. Мокша – с. Шевелевский Майдан	28600	1933/1934-1976/1977 гг.	<u>2,31</u> 75	<u>0,54</u> 18	<u>0,22</u> 7	<u>3,07</u> 100
		1977/1978-2000/2001 гг.	<u>2,43</u> 65	<u>0,85</u> 23	<u>0,44</u> 12	<u>3,73</u> 100

*числитель - объем стока, км³/год, знаменатель - доля сезонного стока в его годовом объеме, %

Оценим пространственные изменения годового и сезонного слоя стока (за периоды весеннего половодья и межени) бассейна Оки. Распределение годового слоя стока изменяется с запада на восток по мере увеличения площади водосбора реки, начиная от 133-140 мм/год (р. Ока - д. Костомарово, F=4900 км²) до 178 мм/год в среднем течении реки (р. Ока - с. Половское, F=99000 км²). Наиболее высокие значения слоя стока равные 182-185 мм/год наблюдаются в бассейнах рек Угра и Протва, а в бассейнах рек Мокша, Цна наблюдаются пониженные значения слоя стока,

которые составляют 115-118 мм/год. В замыкающем створе бассейна (г. Горбатов), характеризующим изменение стока в бассейне Оки в целом, значения годового слоя стока составляют 164 мм/год. Аналогичная картина складывается и в распределении слоя стока весеннего половодья по территории бассейна. От наибольших значений слоя стока в верхнем течении реки Оки (до г. Кашира) и в бассейнах рек Угра и Протва, равных 107-108 мм/сезон до наименьших величин слоя стока половодья в бассейнах рек Мокша, Цна, Теша - 70-82 мм/сезон. Слой стока весеннего половодья по бассейну в целом составляет 96 мм.

При сопоставлении среднемноголетних значений слоя стока весеннего половодья за два выделенных периода (до и после 1976 года) отмечается, что наиболее заметное снижение весеннего стока происходит в верхней части бассейна реки Оки (до г. Кашира) изменяясь от 112 мм до 88 мм, что составляет около 22% относительно среднего значения стока за первый период наблюдений (до 1976 года). Умеренное снижение стока наблюдается в замыкающем створе бассейна, характеризующем изменение стока в целом по бассейну реки Оки, и составляет от 98 до 83 мм, что составляет 15% от нормы за период с начала наблюдений и до 1976 г. Наименее заметное изменение весеннего стока отмечается в бассейнах рек Жиздра, Угра, Протва - от 3 до 6% по отношению стоку за первый период.

Климатические факторы наряду с характером почвенного покрова, механическим составом почво-грунтов и гидрогеологическими условиями оказывают влияние на уменьшение меженного стока с северо-запада на юго-восток территории бассейна, что объясняется как снижением доли поверхностного стока в соответствии с закономерностью зонального уменьшения атмосферных осадков и увеличению испарения, так и уменьшением подземного питания [1].

Наименьшие значения слоя стока летне-осенней и зимней межени бассейна реки Оки составляют соответственно 23-25 мм и 11-13 мм и наблюдаются в бассейнах рек Мокша и Цна, расположенных в лесостепной зоне изучаемого бассейна. Наибольшие значения слоя меженного стока приходятся на бассейны рек Жиздра, Угра, Протва. Слой стока летне-осенней межени этих бассейнов равен 52-54 мм, а сток зимней межени - 21-23 мм. Для бассейна реки Жиздра на фоне повышенной залесенности (54%) бассейна и преобладания песчаных почв характерна повышенная естественная зарегулированность стока реки. Высокие значения стока меженного периода наблюдаются и в бассейне реки Зуша (48 мм и 23 мм). В бассейне имеются близко расположенные к поверхности трещиновато-карстовые породы, способствующие выравниванию стока внутри года. Для бассейна реки Оки в целом слой стока летне-осенней и зимней межени составляют соответственно 49 и 20 мм.

Проведенный пространственно-временной анализ изменения характеристик стока бассейна реки Оки показал, что изменение среднемноголетнего значения (нормы) характеристики речного стока зависит от определяющих его климатических факторов и факторов подстилающей поверхности речного бассейна. Выявленное изменение годового и сезонного речного стока характерно как крупных, средних, так и малых водосборов бассейна реки Оки.

Список литературы:

1. Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 10. Верхне-Волжский район. Книга 1. М.: Московское отделение Гидрометеоиздата, 1973. - 476 с.

**ESTIMATION OF DYNAMICS OF WATER RESOURCES OF THE RIVER
BASIN OF THE OKA RIVER UNDER MODERN CLIMATE CONDITIONS**

G. Kh. Ismaiyllov¹, N.V. Muraschenkova²

¹*Russian state agrarian University named after K.A. Timiryazev, Moscow, 127550, Russia,*
e-mail: ¹gabil-1937@mail.ru, ²splain75@mail.ru

Abstract

The object of the study is the Oka River basin. The Oka River, a large and high-water right tributary of the Volga, originates in the Oryol Region in the center of the Central Russian Upland at an altitude of 226 meters above sea level. The length of the Oka River is 1500 km. The river flow is divided into two parts: the upper course (length is 645 meters) - from the source to the confluence of the Moscow River and the lower course - from the confluence of the Moscow river to the mouth. The area of the Oka River basin is 245,000 km². The Oka River belongs to the flat rivers, with a characteristic high spring flood, low summer-autumn low water, interrupted by rain floods and winter low water. Recently, winter floods often occur on the rivers of the Oka River Basin due to snow melting, due to a significant increase in air temperature in the winter period. In the present work, a retrospective analysis and assessment of the perennial changes in the annual and seasonal runoff of the Oka River basin over a rather long 127-year period (1881/1882–2007/2008) are performed. The analyzes the changes in the intra-annual distribution of the flow of the Oka River by season (spring flood, summer-autumn and winter low water) from its annual value for the selected periods of time (before and after 1976/1977). Over the past decades, river flow is formed in the new climatic conditions associated with changes in the global and, as a result, regional climate. In the upper reaches of the Oka River Basin (to the city of Kaluga), the distribution of the seasonal runoff from the annual volume observed until 1977/78 is as follows: the runoff of spring floods, summer-autumn and winter low-water periods is 66, 25 and 9% respectively. For the period after 1977/1978 and up to the present, the share of spring runoff has decreased to 51%, and the summer-autumn and winter runoff, respectively, to 33 and 16%. In the lower reaches of the Oka basin (to the city of Gorbatov), the change in the share of spring flow ranged from 61 to 48%. In the basin of the river. The Ugra, which has the highest forest land (55%) of the basin territory, the change in the spring flood flow is less pronounced and amounts to 8%. When comparing the average annual water layer during the two selected periods (before and after 1976), it is noted that a noticeable decrease in spring runoff occurs in the upper parts of the Oka River basin (to the city of Kashira), varying from 112 mm to 88 mm, which is about 22% relative to the average value of runoff for the first observation period (until 1976). The water fall in the Oka River basin ranges from 98 to 83 mm, which is 15% of the norm during the period from the beginning of the observations until 1976. The least noticeable change in spring flow is noted in the Zhizdra, Ugra and Protva river basins - from 3 to 6% relation to the drain for the first period.

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА СРЕДСТВ ПО СНИЖЕНИЮ КОРРОЗИИ И ЗАГРЯЗНЕНИЯ РЕГЕНЕРАТИВНЫХ ВРАЩАЮЩИХСЯ ВОЗДУХОПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ КОТЛОВ

С.К. Исмаходжаев, Э.Н. Нуралиев, Р.Г. Мубаракшин
НТЦ АО «Узбекэнерго», Ташкент, 100074, Узбекистан,
e-mail: isk1934@mail.ru

В настоящее время одним из наиболее эффективных и распространенных простых способов снижения коррозии и загрязнения РВП в умеренных климатах, в частности, Узбекистана является предварительный подогрев воздуха низкопотенциальным паром из отборов турбины в энергетических калориферных установках [1].

Ниже приводятся результаты разработки и исследования, выполненные сотрудниками института и тепловых станций технического комплекса по снижению коррозии и загрязнения поверхностей нагрева РВП, включающих в себя модернизированную тепловую схему калориферной установки в сочетании с новой схемой подвода пара и отвода его конденсата из калорифера без гидравлических ударов, автоматическую систему регулирования температуры холодного воздуха за калориферной установкой для поддержания температуры металла холодной секции РВП, чтобы обеспечить «допустимое» значение скорости ее коррозии, а также устройства очистки поверхностей нагрева (обдувкой паром и обмывкой водой), обеспечивающего стабильную и приемлемую величину его аэродинамического сопротивления во всех эксплуатационных режимах работы котла.

Устройство отвода конденсата греющего пара. Надежность и эффективность работы калориферной установки в значительной степени зависит от выбора схемы отвода конденсата греющего пара, обеспечивающей надежный гидродинамический режим течения двухфазной среды и исключаяющей проскок греющего пара в систему.

Надежный гидродинамический режим слива пароводяной смеси без гидравлических ударов обеспечивает простая и удобная в эксплуатации схема саморегулирующегося устройства отвода конденсата греющего пара из калорифера [2,3]. В этом устройстве входы групп секций калорифера подключены к отбору турбины, а выходы через задвижки, U – образные гидрозатворы соединены с общим конденсатопроводом, отметка уровня которого совпадает с отметкой выходных патрубков групп секций калорифера. Это исключает гидравлические удары в системе подвода и отвода его конденсата из калорифера. Конденсат из общего конденсатопровода отводится в подогреватели низкого давления или дренажный бак энергоблока (рис.1).

Параметры этих гидрозатворов (высота, диаметр и число труб) выбираются из условия обеспечения их гидравлической устойчивости и надежности эксплуатации при максимальном расходе пара через калорифер. Эти условия обеспечиваются, если сумма давления пароводяной смеси и его скоростного напора на выходе из секций калорифера не превышает суммы нивелирного напора в гидрозатворе и давления конденсата в общем конденсатопроводе

$$10,2 \cdot P_{см} + \frac{\omega_{см}^2 \cdot \gamma_{см}}{2g} < 10,2 \cdot (\Delta P_{нив} + P_k), \quad (1)$$

где $P_{см}$, $\omega_{см}$ и $\gamma_{см}$ – абсолютное статическое давление, средняя скорость и средняя плотность пароводяной смеси на выходе из секций калорифера соответственно в МПа, м/с и кг/м³;

g – ускорение свободного падения (9,82 м/с²);

$H = h - \Delta h$ – нивелирная высота столба конденсата в гидрозатворе, м;

h – высота петли труб гидрозатвора, м;

$\Delta P_{нив}$ – суммарный нивелирный перепад давления в гидрозатворе, МПа,
 $\Delta P_{нив} = H(\gamma' - \gamma_{см})$;
 Δh – высота столба конденсата в левом колене гидрозатвора; м;
 γ' – плотность воды на линии насыщения, кг/м³;
 $P_{к}$ – абсолютное статическое давление конденсата за гидрозатвором в общем конденсатопроводе, МПа.

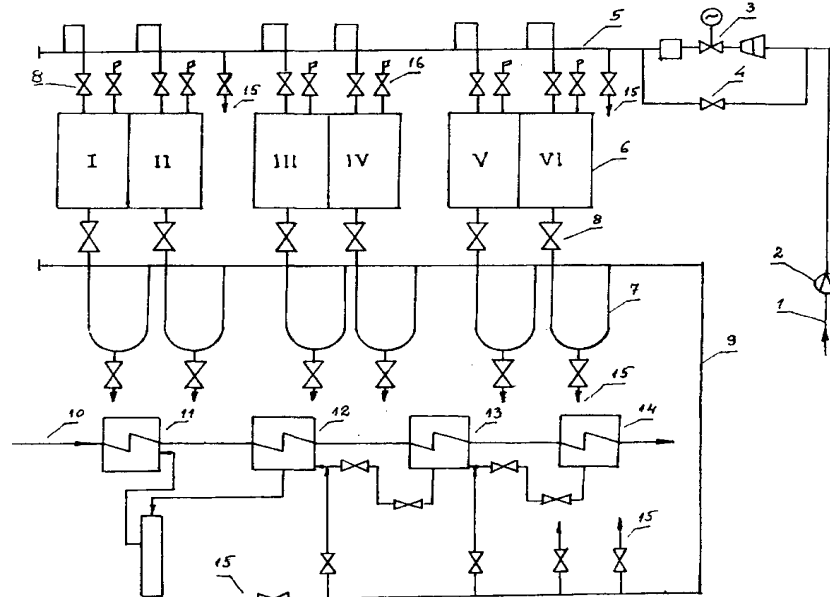


Рис.1. Модернизированная тепловая схема калорифера котла ТГМ-94: 1 - подвод пара от отбора турбины; 2 - сужающее устройство; 3 - регулирующий клапан; 4 - байпасная задвижка; 5 - коллектор раздачи пара; 6 - группы секций калорифера; 7 – гидрозатворы; 8 - задвижки; 9 - общий конденсатопровод; 10 - конденсат турбины; 11 - 14 - ПНД1 -ПНД4; 15 - дренаж; 16 - воздушник.

При составлении неравенства (1) не учтено влияние трения участка воды и местных сопротивлений, что позволяет определить необходимый по условиям устойчивости гидрозатвора минимальный диаметр труб с некоторым запасом

$$D_{вн}^2 > \frac{4 \cdot G_{max}}{\pi \cdot n} \cdot \frac{v'(1-x) + v'' \cdot x}{\sqrt{\frac{20,4g}{\gamma_{см}} \cdot (\Delta P_{нив} + P_{к} - P_{см})}}, \quad (2)$$

где G_{max} – максимальный расход греющего пара через калориферное устройство, т/ч;
 $D_{вн}$ – внутренний диаметр трубы гидрозатвора, м;
 n – число гидрозатворов; $\pi=3,14$;
 v' и v'' – удельные объемы соответственно воды и сухого насыщенного пара при абсолютном давлении $P_{см}$, м³/кг;
 x – массовое паросодержание потока в гидрозатворе, отн. ед.

Модернизированная тепловая схема калорифера котла ТГМ-94. Разработана надежная и экономичная в эксплуатации тепловая схема калорифера котла ТГМ-94 энергоблока 160 МВт с U-образными гидрозатворами и узлом регулирования расхода пара (рис.1). Устройство отвода пароводяной смеси имеет шесть гидрозатворов, по одному на каждую группу секций калорифера. Конденсат из общего конденсатопровода отводится в паровое пространство ПНД2 и в линию каскадного слива дренажа от ПНД4 в ПНД3. Такая схема позволяет отрегулировать оптимальный режим калориферной установки по условиям устойчивости режима отвода конденсата и с учетом обеспечения максимальной экономичности работы энергоблока в целом. Перекосы температур воздуха перед РВП могут быть устранены изменением степени открытия задвижек на входе и выходе групп секций калориферов.

Регулирование температуры воздуха за калорифером. В отличие от известных систем разработанная автоматическая система регулирования температуры предварительного подогрева воздуха (рис. 2) содержит дифференциатор сигнала по расходу пара на калорифер, устройства выделения минимальных сигналов по температурам воздуха за калорифером и уходящих газов, ограничители температур уходящих газов и расхода пара и вычислительное устройство для коррекции задания регулятора температуры [4].

Поддержание текущей температуры стенки холодной набивки РВП $t_{cm}^{РВП}$ равной заданной величине $t_{cm.зад}^{РВП}$ исходя из условия обеспечения допустимого значения скорости коррозии $k < k_{доп}$ и изменения температуры точки росы дымовых газов $t_p^{H_2SO_4}$ от соотношении расходов газа Q_g и мазута Q_m (вычислительное устройство) путем регулирования температуры подогрева воздуха $t_{х.в.}$ за калорифером.

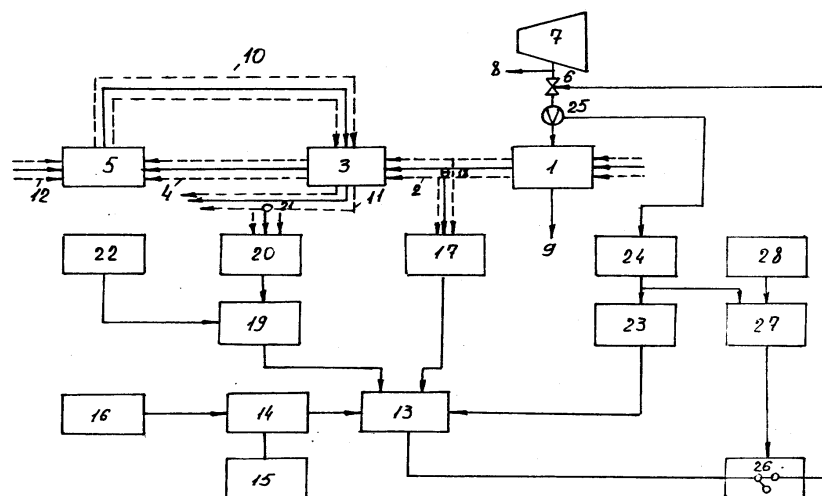


Рис.2. Структурная схема системы автоматического регулирования температуры воздуха за калорифером: 1 – калорифер; 2, 4 – воздухопроводы холодного и горячего воздуха; 3 – воздухоподогреватели; 5 – котел; 6 – регулирующий клапан; 7 – турбина; 8 – потребители пара; 9 – отвод конденсата; 10, 11 – газоходы топочных и уходящих газов; 12 – подвод топлива; 13 – регулятор; 14 – сумматор; 15 – задатчик; 16 – вычислительное устройство; 17, 19, 20 – устройства выделения минимальных сигналов; 18, 21 – датчики температуры; 22 – ограничитель; 23 – дифференциатор; 24 – вторичный датчик расхода пара; 25 – дифманометр; 26 – разъединитель; 27 – сравнивающее устройство; 28 – ограничитель.

Анализ результатов испытания системы регулирования температуры предварительного подогрева воздуха котла ТГМ-94 энергоблока 160 МВт показывает, что оптимальный режим подогрева воздуха котла, имеющего большой срок эксплуатации при совместно-раздельном сжигании природного газа и мазута устанавливается при значении расхода греющего пара на калорифер $13 \div 13,5$ т/ч, при этом температура воздуха за калорифером устанавливается на уровне $70,1 \div 70,4$ °С, а температура уходящих газов на уровне $171 \div 173$ °С. Оптимальный общий подогрев воздуха в калорифере при температуре воздуха за дутьевыми вентиляторами $23 \div 25$ °С составляет $45,2 \div 47,4$ °С, что достаточно для удовлетворения требований эксплуатации энергоблока Ташкентской ТЭС.

Устройство очистки поверхностей нагрева РВП. Систематическая очистка поверхностей нагрева РВП обеспечивает стабильную величину его аэродинамического сопротивления, в результате чего повышается теплообмен между топочными газами, металлом и нагреваемым воздухом, снижается температуры уходящих газов, а также снижается потребление электроэнергии двигателями дутьевых вентиляторов и дымососов котла, уменьшаются затраты на ремонт и восстановление холодной части поверхности нагрева РВП.

Очистка поверхностей нагрева может производиться перегретым паром, термической и волновой очисткой и при наличии прочных отложений – обмывкой водой. Следует отметить, что обдувка перегретым паром – эффективный способ очистки поверхностей нагрева РВП, сжигающих сернистые мазуты и серосодержащие газы. Автором совместно с работниками тепловой станции разработан способ очистки поверхностей нагрева РВП перегретым паром высоких параметров, при этом учтено явление интенсивности загрязнения набивки РВП вблизи вала и на периферии, чем в средней части ротора[5].

Подобраны подходящие режимные параметры перегретого пара и обмывочной воды, конструкция сопла для получения требуемых скоростей разбрызгивания очищающего агента, при этом одновременно очищаются поверхности нагрева РВП по газовому и воздушному каналам, что позволяет, по сравнению с существующими способами, поддерживать требуемую величину аэродинамического сопротивления РВП по каналам прохождения воздуха и топочных газов и в 2-3 раза уменьшить время очистки.

Предложенная тепловая схема устройства очистки в отличие от известных схем может быть использована как при регулярной (посменной) паровой обдувке поверхностей нагрева, так и при ежегодной обмывке водой сильно загрязненных поверхностей нагрева.

Разработанный комплекс в полном объеме и по частям внедрен на 10 котлах ТГМ-94 и 6 котлах ТГМ-84.

Список литературы:

1. Локшин В.А., Тулин С.Н., Абрамова Т.В., Фомина В.Н. Руководящие указания по проектированию и эксплуатации энергетических калориферов с проволочным оребрением. – М.: СПО Союзтехэнерго. 1981. - 43 с.
2. Патент РУз № 4232. Устройство отвода конденсата из паровых теплообменников. /Исмаходжаев С.К., Абдуллаев Ш.А., Ерценкин О.Г., Захидов Н.А., Панов О.А. //Бюллетень изобретений, товарных знаков и полезных моделей ПВ РУз. 1997. №1.
3. Исмаходжаев С.К., Захидов Н.А. Устройство для отвода конденсата из паровых теплообменников. – М.: Энергетик.2000. №9. с. 31-32
4. Патент РУз № 4793. Способ автоматического регулирования температуры воздуха за калорифером. / Исмаходжаев С.К., Захидов Н.А. //Бюллетень изобретений, товарных знаков и полезных моделей ПВ РУз. 1997. № 4.
5. Патент РУз № IAP05380. Устройство для очистки регенеративного вращающегося воздухоподогревателя. / Исмаходжаев С.К., Нуралиев Э.Н., Абдураимов Ф.Э., Мокрушев В.А., Азамов А., Бекимов М.А. //Бюллетень изобретений, товарных знаков и полезных моделей ПВ РУз. 2017. № 4.

DEVELOPMENT OF THE COMPLEX OF MEASURES ON REDUCTION OF CORROSION AND POLLUTION OF THE REGENERATIVE ROTATING AIRHEATERS OF BOILERS

S.K. Ismatkhodjaev, E.N. Nuraliev, R.G. Mubarakshin

RLS «Scientific and technical centre» JSC «Uzbekenergo», Tashkent, 100074, Uzbekistan, e-mail: isk1934@mail.ru

Abstract

Results of development of a technical complex on decrease in corrosion and pollution of surfaces of heating of air-heaters, including the upgraded thermal scheme of calorifer installation in combination with the new scheme of a supply of steam and removal of its condensate from a heater without water hammers, the automatic system of regulation of temperature of cold air behind calorifer installation for temperature maintenance of metal of cold section of air-heaters, are given.

К ВОПРОСУ О КОММЕРЦИАЛИЗАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО ПИРОЛИЗА (ТОРРЕФИКАЦИИ) БИОШЛАМА, ПОЛУЧАЕМОГО ПРИ АНАЭРОБНОМ СБРАЖИВАНИИ ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД И ОТХОДОВ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

**Р.Л. Исьемин¹; О.М. Ларина²; Н.С. Муратова³; В.М. Зайченко²;
О.Ю. Милованов¹; А.В. Михалев¹; С.Н. Кузьмин³**

¹ООО «Чистая энергия», Тамбов, 392032, Россия, e-mail: penergy@list.ru

²ОИВТ РАН, Москва, 125412, Россия, e-mail: olga.m.larina@gmail.com

³Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, 392032, Россия, e-mail: tstu@admin.tstu.ru, tregulyaj@mail.ru

Из-за неуклонного роста населения Земли возрастает антропогенное давление на биосферу: большое количество отходов попадает в окружающую среду, что ухудшает окружающую среду и создает угрозу здоровью и условиям жизни людей. Органические биологические отходы, которые классифицируются как вторичная биомасса, производится в большом количестве и включают такие отходы, как осадок сточных вод, отходы животноводства и птицеводства, пищевые отходы и т.п. Эти отходы характеризуются некоторыми общими характеристиками и перерабатываются общими методами – методом анаэробного сбраживания с производством метана. Однако, при таком методе переработки возникает большое количество биошлама, который также должен каким-то образом перерабатываться.

В рамках проекта «Разработка основ гибридной технологии комплексной переработки отходов животноводства и птицеводства на основе термохимических методов переработки лигнинсодержащей биомассы», выполняемого по Соглашению № 14.613.21.0078 с Министерством науки и высшего образования РФ, было предложено подвергать биошлам, полученный в результате анаэробного сбраживания, низкотемпературному пиролизу (торрефикации) [1]. В результате торрефикации производится биоуголь, который может иметь различное практическое применение.

Коммерциализация результатов проекта рассматривается в рамках реализации проекта BIOTOR, для реализации которого создается консорциум российских и греческих научно – исследовательских и коммерческих организаций. Целью предлагаемого проекта BIOTOR является разработка, оптимизация и демонстрация интегрированной системы для переработки и утилизации отходов сельского хозяйства и птицеводства (отходы от выращивания оливок, производства оливкового масла, помет птицы), сочетающих в себе простые и доступные технологии для производства энергии, удобрений и улучшителей почвы.

До недавнего времени производство биогаза в Греции было ограничено производством биогаза из мусора на свалках и анаэробным сбраживанием осадка сточных вод. Переработкой этих видов отходов было занято 95 % биогазовых установок Греции [2]. Однако, в 2010 году был принят закон, увеличивающий стоимость производимой с помощью биогаза электроэнергии с 75 евро/МВт-ч до 190-230 евро/МВт-ч. Это вызвало бурный рост числа биогазовых установок [3].

Существует два основных способа утилизации биошлама, полученного при анаэробном сбраживании: 1) хранение шлама в течение 4-6 месяцев в резервуаре для утилизации на земельных участках в оптимальный период года, 2) разделение твердой и жидкой фракций биошлама и использование твердой фракции в качестве удобрения.

К сожалению, ни один из вышеперечисленных методов не позволяет оптимально использовать неорганические питательные вещества. В обоих случаях большинство питательных веществ остаются в жидкой фазе, которая не может быть легко транс-

портирована на большие расстояния, и, следовательно, увеличивает риск чрезмерного удобрения прилегающих к биогазовой установке полей.

Следовательно, существует потребность в разработке экономических процессов, которые позволят улавливать и конденсировать неорганические питательные вещества, содержащиеся в жидкой фракции биошлама [4, 5].

Также необходимо отметить, что не вся биомасса может быть подвергнута анаэробному сбраживанию. Для более полной переработки биомассы биоотходы предлагается разделять и часть биомассы (древесные отходы) подвергать пиролизу, а другие виды отходов (навоз, помет, ил очистных сооружений) – подвергать анаэробному сбраживанию. Полученный в результате пиролиза биоуголь предлагается добавлять в биотенк, т.к. это улучшает процесс анаэробного сбраживания и облегчает разделение шлама на жидкую и твердую фракцию.

Ключевой вопрос заключается в том, что большая доля неорганических питательных веществ (около 70% N и 50% P) не может быть извлечена из твердой фазы, поскольку они находятся в жидкой фазе. Поскольку жидкая фаза не может быть транспортирована на значительные расстояния от биогазовой установки, то возникает проблема чрезмерного удобрения соседних полей и загрязнения воды остается нерешенной. Недавно были предложены новые процессы с использованием неорганических адсорбентов, таких как цеолит, с целью извлечения растворенных неорганических питательных веществ из жидкой фазы. Однако эти технологии очень дороги, поэтому существует необходимость в более простых процессах, а также в более дешевых адсорбентах [5, 6]. Такой сорбент может быть получен в результате торрефикации биошлама.

Интересен также вопрос об использовании газообразных продуктов торрефикации. В существующих технологиях торрефикации газообразные продукты сжигаются в котле для получения необходимого тепла для предварительной обработки биомассы (сушки). Однако сжигание этих газов не очень эффективно, так как на 60% эти газы состоят из водяного пара [7]. Кроме того, основная доля газообразных торрефикации представляет собой конденсируемую фракцию, содержащую органические соединения. Неконденсирующиеся газы, в основном состоящие из CO₂, CO, NO и H₂, составляют лишь небольшую долю газообразного пиролизного газа [8]. Следовательно, лучшей альтернативой для использования газообразных продуктов торрефикации является производство из них биогаза путем анаэробного сбраживания [9], поскольку недавние исследования показали, что конденсат этих газов обладает большим потенциалом для производства метана [10].

Технологическая схема проекта и ее детализация приведены на рисунках 1 и 2.

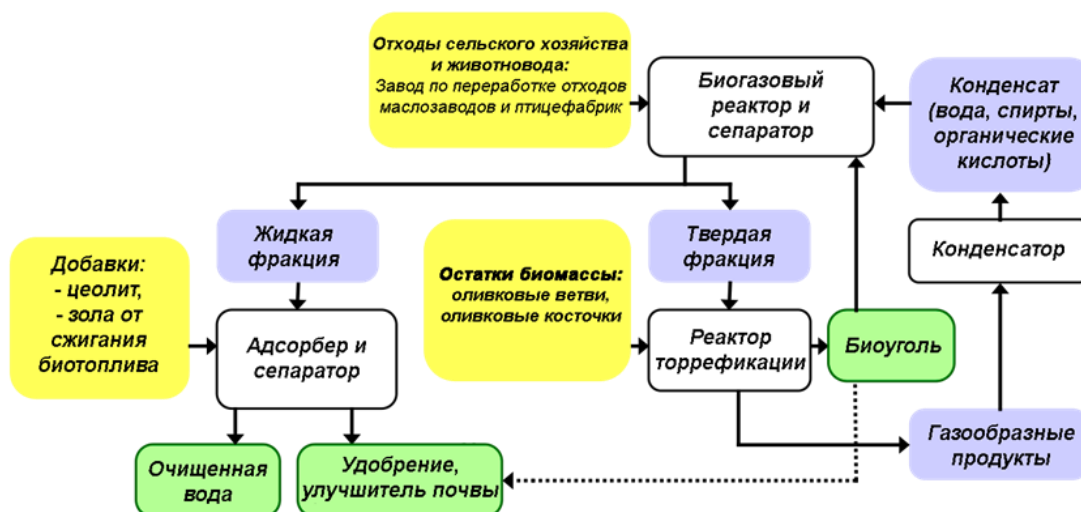


Рис. 1. Принципиальная технологическая схема

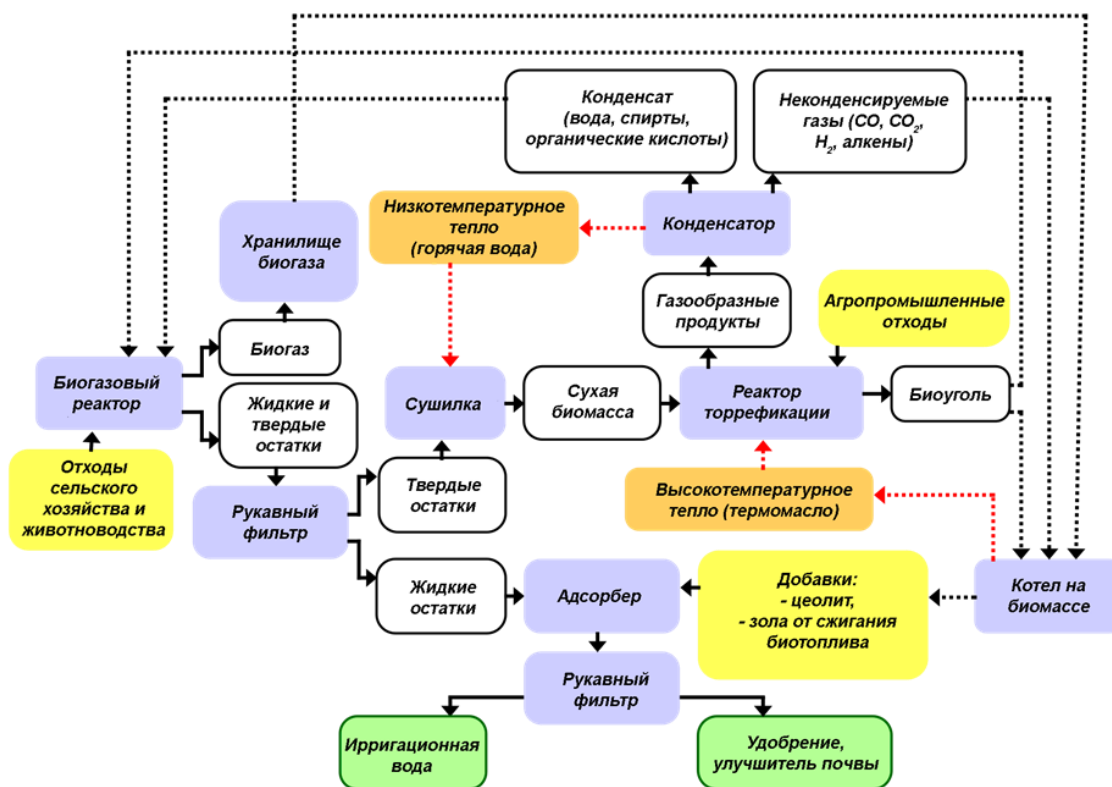


Рис. 2. Подробная технологическая схема

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (Соглашение № 14.613.21.0078, уникальный идентификатор RFMEFI61317X0078).

Список литературы:

1. Isemin, R. Application of torrefaction for recycling bio-waste formed during anaerobic digestion / D.Klimov, O. Larina, G. Sytchev, V. Zaichenko, O. Milovanov // Fuel. – 2019. – 243. – P. 230–239.
2. EurObserve'ER Biogas barometer. Biogas electricity production growth in 2013. – 2014. – Retrieved 10 April 2015
3. Markou, G. Biogas production from energy crops in northern Greece: economics of electricity generation associated with heat recovery in a greenhouse / M. Brulé, A. Balafoutis, M. Kornaros, D. Georgakakis, G. Papadakis // Clean Technology and Environmental Policy. – 2017. – 19(4). – P. 114-117.
4. Herrmann, A. Biogas Production from Maize: Current State, Challenges and Prospects. 2. Agronomic and Environmental Aspects // Bioenergy Research. – 2013. – 6(1). – P. 372-387.
5. Monfet, E. Nutrient removal and recovery from digestate: a review of the technology / G. Aubry, A.A. Ramirez // Biofuels. – 2018. – 9. – P. 247-262.
6. Shi, L. Nutrient Recovery from Digestate of Anaerobic Digestion of Livestock Manure: a Review / W.S. Simplicio, G. Wu, Z. Hu, H. Hu, X. Zhan // Current Pollution Reports. – 2018. – 4. – P. 74-83.
7. Thrän, D. Moving torrefaction towards market introduction - Technical improvements and economic-environmental assessment along the overall torrefaction supply chain through the SECTOR project / J. Witt, K. Schaubach, J. Kiel, M. Carbo, J. Maier, C. Ndibe, J. Koppejan, E. Alakangas, S. Majer, F. Schipfer // Biomass and Bioenergy. – 2016. – 89. – P.184-200.

8. Tumuluru, J.S. A Review on Biomass Torrefaction Process and Product Properties for Energy Applications / S. Sokhansanj, J. Hess, C. Wright, R. Boardman // *Industrial Biotechnology*. – 2011. – 7. – P. 384-401.
9. Garcia-Perez, M. Processing biomass using thermochemical processing and anaerobic digestion in combination / Craig Frear, W.A. Pullman // *US Patent*. – 2017.
10. Doddapaneni, T. Anaerobic batch conversion of pine wood torrefaction condensate / R. Praveenkumar, H. Tolvanen, M. Palmroth, J. Konttinen, J. // *Rintala Bioresource Technology*. – 2017. – 225. – P. 299-307.

**TO QUESTION OF RESEARCH RESULT COMMERCIALIZATION
OF LOW-TEMPERATURE PYROLYSIS PROCESS (TORREFACTION)
OF BIO-WASTE OBTAINED BY ANAEROBIC DIGESTION
OF SEWAGE SLUDGE AND AGRICULTURAL WASTE**

**R.L. Is'yemin¹; O.M. Larina²; N.S. Muratova³; V.M. Zaichenko²; O.Yu. Milovano¹;
A.V. Mikhalev¹; S.N. Kuzmin³**

¹*Clean Energy Ltd., Tambov, 392032, Russia, e-mail: penergy@list.ru*

²*JIHT RAS, Moscow, 125412, Russia, e-mail: olga.m.larina@gmail.com*

³*Tambov State Technical University, Tambov, 392032, Russia,
e-mail: tstu@admin.tstu.ru, tregulyaj@mail.ru*

Abstract

The paper presents a description of work on the treatment of bio-waste, obtained by anaerobic digestion of sewage sludge and agricultural waste, by the method of low-temperature pyrolysis (torrefaction) performed in the framework of a project funded by the Federal Target Program.

ОБ АКТУАЛЬНЫХ НАПРАВЛЕНИЯХ МОНИТОРИНГА, СОХРАНЕНИЯ И РАСШИРЕНИЯ РЕГИОНАЛЬНОГО ФОНДА РАСТИТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

Л.М. Кавеленова¹, Н.В. Прохорова¹, С.А. Розно²

¹Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, г. Самара, 443086, Россия, e-mail: lkavelenova@mail.ru

²Ботанический сад Самарского национального исследовательского университета имени академика С.П. Королева, г. Самара, 443086, Россия, e-mail: sambg@ssau.ru

Самарская область представляет собой регион, имеющий длительную историю антропогенной трансформации природных экосистем, начало которой относится к доисторическим временам [1]. Формирование современного облика ландшафтов было связано с появлением обширных безлесных пространств, возникновением анклавов островных лесов. Начавшаяся в XIX в. распашка степей получила особый размах во второй половине XX в. в период «освоения целинных и залежных земель», в результате которой земли южных районов Самарской области оказались до 80...90% трансформированы в агроэкосистемы [2]. Несмотря на целевое преобладание земель, ориентированных на получение продукции растениеводства, в области имеются и иные формы растительных ресурсов, как связанные с дикорастущими растениями, так и выращиваемыми в культуре. В результате антропогенных изменений ландшафтов области в исторический период произошло сокращение объема этих растительных ресурсов в ходе замещения природных экосистем антропогенными, избыточной эксплуатации популяций ресурсных видов, изменения качества естественных растительных ресурсов. Мониторинг, сохранение и расширение регионального фонда растительных ресурсов в качестве ведущих направлений предполагают:

- осуществление мониторинга состояния растительного и почвенного покрова, включая оценку состояния эксплуатируемых земель, насаждений лесного фонда, особо охраняемых природных территорий и земель, перспективных с позиций заповедания;

- содействие восстановлению популяций редких, ценных, важных в качестве источников растительного сырья видов, установлению регионально уточненных норм изъятия растительных ресурсов;

- контроль техногенного загрязнения природного растительного сырья;

- поиск путей расширения ресурсной базы региона за счет интродуцентов.

Проводящиеся в течение десятилетий сотрудниками кафедры экологии, ботаники и охраны природы и ботанического сада Самарского университета исследования непосредственным образом связаны с каждым из этих направлений.

А. Мониторинг состояния растительного и почвенного покрова. Для насыщенной стационарными и подвижными источниками техногенного загрязнения территории Самарской области решение задачи мониторинга осуществляется специализированными лабораториями и ведущими специалистами вузов. В частности, свыше 40 лет осуществляется мониторинг состояния различных типов экосистем в Красносамарском лесном массиве, где действует полевой стационар биостанции Самарского университета. За это время собраны обширные сведения о динамике развития лесных экосистем в степи, вне соответствующего им экологического оптимума [3], о биогеохимических, эколого-физиологических, средообразующих особенностях ведущих древесных пород.

Начиная с 1991 г. для Самарской области специалистами нашей кафедры осуществляется масштабный эколого-биогеохимический мониторинг почвенного и растительного покрова естественных и техногенно преобразованных экосистем. Его ре-

результатом стало определение фоновых концентраций 20 тяжелых металлов и металлоидов в основных типах и подтипах почв, для наиболее распространенных древесных и кустарниковых пород, 70 видов травянистых растений природной флоры, 13 ведущих сельхозкультур. Обширный биогеохимический материал был использован для визуализации в ГИС-среде пространственного распределения изучаемых элементов, что позволило выявить региональные закономерности миграции компонентов загрязнения, а также определить приоритетные источники полиметаллического загрязнения в регионе. Изучая особенности загрязнения фитомассы тяжелыми металлами [4], мы сформулировали ряд ведущих позиций для организации мониторинга (фитоиндикации) загрязнения ландшафтов тяжелыми металлами:

- анализ особенностей проявления концентрационных функций растений на организменном, видовом, ценопопуляционном и ценоотическом уровне;
- применение ландшафтного подхода и экоморфного анализа в фитоиндикации;
- перспективность использования гистохимических методов для анализа на клеточном и тканевом уровне;
- актуальность использования геоинформационных систем (ГИС) для экологического зонирования территорий на основе выявленных фитоиндикационных показателей.

Объективность всех названных принципов была проверена на практике в ходе биогеохимических исследований в естественных и техногенно трансформированных экосистемах лесостепного и степного Поволжья в границах Самарской области.

В последние годы осуществление наземного мониторинга было расширено в результате нашего плодотворного взаимодействия со специалистами Самарского университета, работающими в области дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и геоинформатики. Детально обследованные нами модельные экосистемы различного видового состава были использованы в качестве компонентов регионально верифицированной базы эталонных полигонов наземного сопровождения ДЗЗ, ранее для Самарской области не сформированной. В частности, в 2018 г. нами был осуществлен сбор информации о состоянии особо ценных природных сообществ. Комплексные полевые обследования были выполнены в максимальном объеме для степных экосистем, по которым удалось подобрать наибольшее количество участков достаточной площади и с отчетливой выраженностью различий видового состава (типа степей). Для лесных экосистем в силу особенностей погоды 2018 г. (затяжная и холодная весна с быстрым началом вегетации при наступлении тепла), по всей вероятности, не был «захвачен» фенологический момент наибольшей различимости листовых пород, что ограничило круг исследований в данном направлении. В компенсацию этого, осенью 2018 г. для лесных экосистем была выполнена экспресс-оценка видового состава древостоя (и характера существующих насаждений) для группы выделов, выбракованных классификатором при анализе лесного плана Красносамарского леса. Были также выполнены комплексные обследования кустарниковых сообществ, показавшие их сравнительную бедность раритетными видами флоры в силу вторичного характера, а также трудность выбора достаточно больших однородных участков. Однако в дальнейшем мы не исключаем возможности их изучения, поскольку, контактируя с агроценозами, кустарниковые сообщества приобретают значение рефугиумов (убежищ) для представителей фауны, в том числе и охраняемых. В процессе полевого обследования растительного покрова степных сообществ, представленных на контрольно-измерительных полигонах (КИП), проводились определение общего типа сообществ с последующей оценкой видового разнообразия высших растений. Для адекватной оценки биоразнообразия проводились гербаризация и последующее камеральное уточнение (детерминация) видовой принадлежности растений. По материалам полевых и камеральных исследований были

составлены списки видов с выявлением раритетных (включенных в Красные книги Самарской области и РФ).

В продолжение формирования регионально верифицированной базы эталонных КИП наземного сопровождения ДЗЗ, добавлен целевой блок «Особо ценные природные сообщества, типичные для Самарской области и сопредельных регионов. Степи типчаково-ковыльные, разнотравно-типчаково-ковыльные, разнотравные, типчаково-полынные», для которых осуществлены координатная GPS-привязка, комплексное обследование растительного покрова и оценка значимости по присутствию раритетных видов.

Б. Содействие восстановлению популяций редких видов природной флоры, в том числе имеющих ресурсное значение. В последние годы для Самарской области прослеживается тенденция некоторого уменьшения площади сельхозугодий за счет перевода земель в залежи, кормовые угодья и пр. В течение ряда лет в результате вторичных сукцессионных изменений стала возможной ревитализация - восстановление природных растительных сообществ с постепенной сменой рудеральных видов наиболее обычными степными и луговыми. Но наиболее ценные элементы растительного сообщества не смогут появиться здесь без реинтродукции - внедрения усилиями человека семян либо живых растений. Сотрудники ботанического сада Самарского университета, имея значительный опыт выращивания видов природной флоры *ex situ*, начиная с 1994 г. проводят работы по реинтродукции редких растений в природу. В соответствии с детально отработанной методологией было восстановлено произрастание 2 видов, исчезнувших на территории области, созданы новые места произрастания для 1 вида с единичным пунктом произрастания в области, сформированы новые популяционные группы для 7 видов различных категорий редкости. Эта работа получила высокую оценку BGCI (Международного совета ботанических садов по охране растений). Имеющийся опыт может быть использован для расширения ресурсной базы иных редких компонентов природной флоры.

В. Контроль техногенного загрязнения природного растительного сырья. Для Самарской области заготовка природного лекарственного сырья не осуществляется в промышленных масштабах и ограничена в основном использованием фитомассы для личного потребления населением. В силу этого вопрос о техногенном загрязнении природного растительного сырья в разное время рассматривался нами в инициативном порядке. В качестве примера представляют интерес результаты, полученные при изучении локальных ценопопуляций ландыша майского в элементарных ландшафтах одной геохимической катены на территории Красносамарского лесного массива (Кинельский район Самарской области), который достаточно удален от источников техногенного загрязнения и может рассматриваться в качестве фонового. Максимальные концентрации химических элементов, в том числе тяжелых металлов, были выявлены в наземной фитомассе ландыша из аккумулятивных ландшафтов речной поймы. Концентрации всех изученных элементов были не слишком высокими ($K_k < 1$), но на фоне этой закономерности прослеживалось более активное накопление Cu, Y, Nb, Mo, Sr, Mn, максимальное в аккумулятивном ландшафте поймы. Данная закономерность в практическом плане может означать, что сбор лекарственных трав не только при возможном техногенном загрязнении, но и вне его должен осуществляться с учетом места произрастания, при этом заливаемые в паводок участки пойм нежелательно использовать при сборе лекарственного сырья.

Г. Расширение ресурсной базы региона за счет интродуцентов. Пополнение базы растительных ресурсов региона за счет ценных интродуцентов, в том числе деревьев и кустарников различного географического происхождения, открывает перспективы для решения хозяйственных проблем и снижения нагрузки на природные экосистемы. Проводившиеся в течение полувека интродукционные испытания позволили рекомендовать в качестве лекарственных, витаминных, плодовых, декоративных для

Самарской области ряд хозяйственно ценных таксонов: шелковица белая ф. черная, шефердия серебристая, принсеция китайская, кизил обыкновенный, виды родов ирга, боярышник, сорта лещины обыкновенной. Названные растения формируют высоковитаминную продукцию, наибольшей продуктивностью отличаются боярышники и различные виды ирги. Более широкого внедрения в различные типы насаждений в регионе заслуживают роза морщинистая, сорта и гибриды рябины. Специалисты и садоводы-любители освоили получение ценной витаминной продукции при выращивании лимонника, актинидии. Для региона показана перспективность видов рода Орех (*Juglans* L.) [5], дающих ценную древесину, питательные плоды и лекарственное сырье: орехи грецкий *J. regia* L., маньчжурский *J. mandshurica* Maxim., сердцевидный *J. cordiformis* Maxim., черный *J. nigra* L., серый *J. cinerea* L., скальный *J. rupestris* Engelm. Наибольший интерес представляет скороплодная форма грецкого ореха, вступающая в плодоношение на 2-3 году жизни.

Таким образом, сочетание классических и инновационных подходов, работа на уровне объектов от тканевого до популяционного и экосистемного представляют обширные возможности для эффективного решения задач в области мониторинга, сохранения и расширения регионального фонда растительных ресурсов.

Список литературы:

1. Природа Куйбышевской области / сост. М.С. Горелов, В.И. Матвеев, А.А. Устинова. – Куйбышев: кн. изд-во, 1990. – 464 с.
2. Государственный доклад о состоянии окружающей среды и природных ресурсов Самарской области за 2016 год. – Самара, 2017. – Вып. 27. – 198 с.
3. Forest Ecosystems in Industrial Regions / Grodzinski W., Wiener J., Maycock P.F. Eds. Ecological Studies 49. – Berlin, Heidelberg, New York, Tokio: Springer-Verlag, 1984. – 227 p.
4. Прохорова Н.В., Аксютин Ю.В. Гистохимические методы в экологическом мониторинге // Региональный экологический мониторинг в целях управления биологическими ресурсами. – Тольятти: Изд-во ИЭВБ РАН, 2003. – С.181-186.
5. Помогайбин А.В. Особенности плодоношения различных видов ореха, интродуцированных в Самарском ботаническом саду // Известия Самарского научного центра РАН. – 2007. – Т.9. – Вып.4. – С. 920-933.

ON ACTUAL DIRECTIONS OF MONITORING, PRESERVING AND EXTENDING THE REGIONAL VEGETABLE RESOURCE FUND

L.M. Kavelenova¹, N.V. Prokhorova¹, S.A. Rozno²

¹ Samara National Research University, Samara, 443086, Russia,
e-mail: lkavelenova@mail.ru

² Botanical Garden of Samara National Research University, Samara, 443086, Russia,
e-mail: sambg@ssau.ru

Abstract

On the example of the Samarskaya oblast, a territory of a long anthropogenic transformation history, the leading directions of monitoring, preserving and expanding the plant resources stock are shown. The results of long-term studies of the Department of Ecology, Botany and Nature Conservation and Botanical Garden of the Samara University in the field of plant and soil cover monitoring, also as the restoration of rare species of natural flora populations, assessment of plant materials quality are presented. The prospects for expanding the regional plant resources base at the expense of introduced trees and shrubs of various geographical origin are discussed.

ТЕХНОГЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ В РАЙОНАХ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ХРАНИЛИЩ ГАЗА

Э.Р. Казанкова¹, Н.В. Корнилова²

ИПНГ РАН, г. Москва, 119333, Россия,

e-mail: ¹Elvira.Kazankova@mail.ru, ²nataliakornilova@rambler.ru

Техногенное воздействие на окружающую среду в районах функционирования подземных хранилищ газа (ПХГ) – это комплексное действие функционально связанных систем наземного и подземного оборудования [1]. Таким образом, создаются природно-технические геодинамические системы, особенности строения и функционирования которых определяются сложностью и большим разнообразием способов техногенного вмешательства в окружающую среду.

Подземные хранилища газа представляют собой природно-технические системы, характеризующиеся тесной взаимозависимостью с активной, нелинейной и изменчивой во времени геолого-геофизической средой, установленными связями составляющих их элементов и конкретными механизмами реализации этих связей. Чрезвычайно сложное взаимодействие в природно-технических системах природных объектов и видов технической деятельности определяют сложность их изучения и определения порога опасности.

Подземные хранилища газа создаются с целью регулирования сезонной неравномерности потребления газа и создания стратегических запасов. На сегодняшний день наибольшее распространение получили ПХГ, созданные в истощенных газовых, газонефтяных или газоконденсатных месторождениях (Елшано-Курдюмское, Песчано-Уметское, Степновское, Кушевское, Краснодарское, Северо-Ставропольское, Аманакское, Дмитровское, Михайловское, Кирюшинское, Совхозное, Канчурино-Мусинский комплекс и др.) и в водоносных пластах, где вода из порового пространства вытесняется закачиваемым через скважину газом (Гатчинское, Колпинское, Невское, Калужское, Якшуновское, Щелковское, Касимовское, Увязовское. В отложениях каменной соли созданы Калининградское, Волгоградское, проектируется Новомосковское [2,3].

Создание подземных хранилищ газа требует строжайшего соблюдения экологической безопасности на всех этапах строительства и эксплуатации [4].

На сегодняшний день наиболее затратными подземными хранилищами газа являются ПХГ, созданные в водоносных пластах. Изначально их геологическая структура недостаточно исследована, по сравнению с хранилищами, созданными в истощенных структурах [5].

ПХГ являются источниками мощного техногенного воздействия на геологическую среду. Последствия глубинных изменений пористой структуры пласта-коллектора носят, как правило, негативный характер и обуславливают необратимые изменения значительных объемов гидросферы, литосферы и биосферы [6]. ПХГ представляют собой искусственные залежи, эксплуатируемые циклически. Это означает, что с апреля до октября производится закачка газа, затем 2 недели - нейтральный период, с октября по март - производится отбор, затем - снова 2 недели - нейтральный период.

Основным показателем работы ПХГ является герметичность и минимизация негативных последствий их эксплуатации. Эксплуатация подземных хранилищ газа оказывает существенное влияние на ход современных геолого-геодинамических процессов. Природное неустойчивое равновесие среды нарушено асимметричным циклическим режимом работы хранилища. В пластах нарушаются взаимодействия

между вмещающими породами, подземными водами, органическим веществом и растворенными газами.

В настоящее время создана новая область науки – техногенная геодинамика – «предметом изучения которой являются динамические явления в приповерхностной области земной коры, обусловленные технологической деятельностью человека» [6]. Особенности строения и функционирования ПХГ определяются сложностью и большим разнообразием способов техногенного вмешательства в геологическую и окружающую среду, эксплуатация ПХГ активно изменяет ход и направление многих естественных геодинамических процессов и явлений.

Ряд ПХГ располагается вблизи крупных городов (Москва, Санкт-Петербург, Самара и т. д.). Однако с годами рост городов привел к тому, что ПХГ оказались либо в пределах городской черты, либо близко к ней, или вокруг ПХГ сильно разрослись их собственные объекты (г. Щелково, Московской области) [7].

На основе методов районирования территории по степени геодинамической неустойчивости решаются проблемы определения геоэкологического риска при техногенном воздействии на окружающую среду. Исследования позволяют оценить степень вовлеченности геодинамических процессов различного масштаба в процесс функционирования подземных хранилищ газа (ПХГ), что позволяет прогнозировать развитие экологической ситуации.

С позиции нелинейной геодинамики изучена геоэкологическая обстановка территорий размещения ПХГ на Европейской части РФ (действующих, строящихся и планируемых). В результате детальных исследований на отдельных участках территории Восточно-Европейской платформы было установлено, что Невская, Калужская, Якшуновская, Щелковская, Карашурская, Новомосковская и Скалинская геологические структуры (ПХГ) расположены в условиях сдвиговых деформаций и вертикальных колебаний; Касимовская, Увязовская, Гатчинская, Колпинская, Елшано-Курдюмская, Песчано-Уметская, Степновская, Аманакская, Дмитровская, Михайловская, Кирюшинская, Беднодемьяновская, Арбузовская – в условиях регионального нелинейного сжатия, вертикальных колебаний и сдвиговых деформаций; Канчуринская, Мусинская, Совхозная, Волгоградская – в условиях нелинейного сжатия; Кущевская, Краснодарская и Северо-Ставропольская – на территории сейсмической активности и в условиях сдвиговых деформаций. Изучение геодинамических условий размещения ПХГ позволило установить возможные направления перетоков. На Невском ПХГ вероятное западное – северо-западное направление. На Калужском, Якшуновском и Щелковском ПХГ – северо-восточное – юго-западное, на Касимовском в юго-западное, на Кущевском, Краснодарском и Северо-Ставропольском в западном и восточном направлениях.

Геодинамические процессы создают условия для движения флюидов, обуславливают пространственно-временную неустойчивость. Напряженно-деформированное состояние осадочного чехла приводят к образованию ослабленных проницаемых зон. Геодинамические эффекты, обусловленные природными и техногенными процессами могут быть кратко-, средне- и долгосрочными. Напряженно-деформированное состояние геолого-геофизической среды обуславливает развитие флюидодинамических процессов в объеме всей структуры. Изменения направлений векторов поля напряжений разных рангов определяют геодинамический режим осадочного чехла на всех уровнях (региональном, зональном, локальном, скважинном). В динамике флюидного режима залежей находит отражение неустойчивое напряженно-деформированное состояние геологической среды.

Процесс разгерметизации подземных хранилищ газа подразумевает под собой неконтролируемый переток газа в вышележащие проницаемые пласты или выход его на дневную поверхность. И это является наиболее опасным видом воздействия хранилища на окружающую среду [7].

При изучении экогеодинамической ситуации и геодинамических условий развития установлена закономерность структурирования геологической среды (с позиции нелинейной геодинамики) на Щелковском, Калужском, Якшуновском, Невском и Касимовском ПХГ (центральные районы Восточно-Европейской платформы) и Кущевском, Краснодарском и Северо-Ставропольском ПХГ (Северо-Кавказская нефтегазоносная провинция). Установлены направления перетоков газа (по латерали и вертикали), уровни, благоприятные для аккумуляции газа. Получено подтверждение существования и закономерного размещения геологических участков, приуроченностью их к одним и тем же глубинам и характеризующихся однотипностью геологического разреза.

На Щелковском ПХГ, в объеме всей структуры, выделены участки пересечения векторов максимальных и минимальных напряжений, действующих с различных уровней, которые вне зависимости от глубины действия векторов, характеризуются изменением литологического состава пород и представлены глинистыми разностями в разрезе как терригенных, так и карбонатных отложений (скв. 5, 222 и др.). В этих же участках возможно возникновение неблагоприятных явлений в скважинах (фонтанирование, провалы, скручивание, смятие стволов и т.п. (скв.215). Установлено направление вертикальной миграции флюидов вверх по разрезу и возможного проникновения углеводородов в водоносные горизонты. По геофизическим данным зафиксировано проникновение газа в отложения, залегающие выше основного пласта-коллектора примерно на 500-600м (скв. 241,245) [8].

Вся территория Щелковской структуры сама по себе неустойчива. Наиболее неустойчивые участки расположены в направлении векторов главных максимальных и минимальных напряжений разных уровней. В этих направлениях происходит растекание газа и переток его по латерали за пределы структуры (скв. 41, 169, 241, 245 и др.)

На Калужском ПХГ перетоки газа по вертикали были зафиксированы еще в период первых опытно-промышленных закачек. В результате вертикальной миграции свободный газ обнаружен в коллекторах практически всех водоносных горизонтах площади. В самом верхнем упинском водоносном горизонте обнаружен газ в растворенном виде. В результате многолетних гравиметрических наблюдений установлено латеральное растекание газа во всех вышележащих горизонтах, поступающего туда при вертикальной миграции из основного пласта-коллектора.

Причина негативных экологических явлений на подземных хранилищах газа заключается в несогласованности техногенных воздействий на геолого-геофизическую среду. В пластах, вскрытых скважинами, происходят геодинамические процессы, обусловленные тремя основными факторами: а) изменением эффективных напряжений в скелете горной породы за счет изменения порового или трещинного давления жидкости; б) изменением коэффициента трения вдоль трещин сдвига, ориентированных в соответствии с региональным полем напряжений; в) формированием температурных деформаций, а также зародышей трещин за счет быстрых геохимических реакций типа гидратация-дегидратация на контакте твердая фаза-жидкость.

На основе районирования территории по степени геодинамической неустойчивости решаются проблемы определения геоэкологического риска при техногенном воздействии на окружающую среду. Исследования позволяют оценить степень вовлечения геодинамических процессов различного масштаба в процесс функционирования подземных хранилищ газа, что позволяет прогнозировать развитие экологической ситуации.

Работа выполнена в рамках государственного задания (тема «Фундаментальный базис инновационных технологий нефтяной и газовой промышленности (фундаментальные, поисковые и прикладные исследования), № АААА-А19-119013190038-2).

Список литературы:

1. Глаголев Ю.В. Динамика расширения Совхозного подземного хранилища газа / Глаголев Ю.В., Серегина Н.В. // Научно-технический сборник «Вести газовой науки». – 2015. – № 3 (23). – С. 55–62.
2. Казанкова Э.Р. Геодинамические и геоэкологические условия размещения подземных хранилищ газа (ПХГ) на территории Восточно-Европейской платформы / Казанкова Э.Р., Корнилова Н.В. // Тез. 5-й Междунар. конф. «Новые идеи в науках о земле». М.: Полимаг. –2001. – С. 231.
3. Казанкова Э.Р. Геоэкологические проблемы подземного хранения газа в России / Казанкова Э.Р., Корнилова Н.В. // Геология нефти и газа. – 2016. – № 3. – С. 102–108.
4. Пономарев О.П. Геоэкологические особенности эксплуатации подземных хранилищ природного газа // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия: Естественные и медицинские науки. –2006. –№ 1. –С. 69–77.
5. Вознесенский Е.А. Задачи геофизических исследований при создании и эксплуатации подземных хранилищ углеводородов /Вознесенский Е.А., Филимонов Ю.Л., Пустовойтова Н.А.// Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2014. – № 9. – С. 70–76.
6. Малышев Ю.Н. Техногенная геодинамика / Малышев Ю.Н., Сагалович О.И., Лисурунко А.В. // М.: Недра. – 1996. – Кн.1,2. – 903 с.
7. Герасимов С. А. Особенности промышленной безопасности скважин подземного хранения газа / Герасимов С. А., Доронин А. В., Степанов Е. Г., Мещеряков А. П., Пищухин М. А. // Наука, техника и образования. – 2015. – № 10 (16). – С. 67–73.
8. Корнилова Н.В. Геодинамическая модель Щелковского поднятия / Корнилова Н.В., Казанкова Э.Р., Сигачева Н.Н. // Фундаментальный базис новых технологий нефтяной и газовой промышленности: Сб. ст. М.: ГЕОС. – 2000. – С. 365-370.

**TECHNOGENIC IMPACT ON THE ENVIRONMENT IN THE AREAS
OF FUNCTIONING OF UNDERGROUND GAS STORAGE**

E.R. Kazankova¹, N.V. Kornilova²

OGRI RAS, Moscow, 119333, Russia

e-mail: ¹Elvira.Kazankova@mail.ru, ²nataliakornilova@rambler.ru

Abstract

On the basis of the zoning of the territory according to the degree of geodynamic instability, the problems of determining the geoecological risk in case of technogenic impact on the environment are solved. The eco-geodynamic situation, geodynamic conditions of development are studied and the regularity of the geological environment structuring on underground gas storages is established.

ТЕХНО-ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ НЕВСКОГО ПОДЗЕМНОГО ХРАНИЛИЩА ГАЗА

Э.Р. Казанкова¹, Н.В. Корнилова²

ИПНГ РАН, г. Москва, 119333, Россия,

e-mail: ¹Elvira.Kazankova@mail.ru, ²nataliakornilova@rambler.ru

В настоящее время широкое распространение получили подземные хранилища газа (ПХГ), создаваемые в водоносных пластах и представляющие собой искусственные залежи, эксплуатируемые циклически. Основными показателями работы ПХГ являются герметичность и минимизация негативных последствий их эксплуатации. Как отбор, так и закачка газа в пласт изменяют объем трещинного и порового пространства, свойства самого флюида, внутрислоевого давление. В пластах нарушаются взаимодействия между вмещающими породами, подземными водами, органическим веществом и растворенными газами, причем эти процессы протекают гораздо быстрее и контрастнее, чем естественные.

Из-за нарушения герметичности залежи, обусловленного технологическими и геологическими факторами, происходят латеральные утечки и вертикальные перетоки газа за пределы пласта-коллектора. В результате вторичной миграции свободный газ часто обнаруживается в коллекторах водоносных горизонтов, используемых для водоснабжения. Результаты приповерхностной газовой съемки на отдельной группе действующих ПХГ показывают, что в результате миграции газ может достигать верхнего слоя почвы и атмосферного воздуха. Происходит изменение режима и уровня грунтовых вод, водного режима почв и грунтов, засоление, загрязнение подземных вод, увеличение содержания фитотоксических элементов в воде и в воздухе [1].

Техно-геоэкологические проблемы – это совокупное изменение природно-технических систем, приводящее к нарушению естественного режима их функционирования и неблагоприятное воздействие на геологическую среду, живую природу и здоровье людей. На основе методов районирования территории по степени геодинамической неустойчивости решаются проблемы определения геоэкологического риска при техногенном воздействии. Исследования позволяют оценить степень вовлеченности геодинамических процессов различного масштаба в процесс функционирования подземных хранилищ газа (ПХГ), что позволяет прогнозировать развитие экологической ситуации.

Невское ПХГ расположено в Крестецком и Окуловском районах Новгородской области и является самым крупным хранилищем газа на северо-западе России [2].

В тектоническом отношении Невская структура расположена в зоне сочленения Балтийского щита и Московской синеклизы. По данным Лермана В.А., Горева А.Д. и др., к северо-западу от структуры расположен южный склон Балтийского щита, а к юго-востоку и югу – западный склон Московской синеклизы. Таким образом, в геологическом строении структуры проявились тектонические особенности, присущие как Балтийскому щиту, так и Московской синеклизе. Сформировалась тектонически активная зона, отличающаяся сложным строением и многочисленными тектоническими нарушениями, преимущественно северо-западного, субмеридионального и северо-восточного простирания, которые образуют настолько густую сеть, что на отдельных участках расстояние между крупными параллельными разломами не превышает 10 км.

Длительное прогибание фундамента синеклизы и одновременное воздымание щита привело в пограничной зоне к растяжению и разрывам осадочного покрова над наиболее подвижными глыбами фундамента и смятию их в складки. При этом образование антиклинальных складок, к которой относится Невская структура, в конце

протерозойского времени сопровождалось разрывами сплошности слоев, с амплитудой разлома порядка 20 метров, а для более молодых осадочных образований – характерно наличие лишь пликативных дислокаций. Наличие нарушения подтверждается как геологическими, так и гидродинамическими материалами.

Невское поднятие четко прослеживается по всем горизонтам осадочной толщи, общая мощность которой составляет порядка 1000м. Фиксируется оно и по поверхности кристаллического фундамента, причем наблюдается соответствие структурных планов всех без исключения стратиграфических горизонтов осадочной толщи с морфологией поверхности фундамента.

Невская структура ассиметрична. По данным Кастрюлиной Е.А. и др., кровле первого песчаного пласта гдовского горизонта верхнего протерозоя, по замкнутой изогипсе минус 970 метров, Невское поднятие представляет собой структуру с размерами 1,8 на 20 километров и амплитудой 7 – 13 метров. Структура осложняется пятью отдельными небольшими поднятиями амплитудой от 3 до 8 метров [3].

На Невской площади детально изучены отложения гдовского горизонта верхнего протерозоя. Они залегают трансгрессивно на эродированных, частично выветрелых породах кристаллического фундамента, представленными гнейсами и гранито-гнейсами и представлены переслаиванием песчаных, алевроитовых и глинистых пластов. В пределах Невской структуры в отложениях гдовского горизонта четко выделяются четыре песчаных пласта, разделенных глинистыми или глинисто-песчаными пачками.

Для подземного хранения газа, в качестве пласта – коллектора, используется первый песчаный пласт гдовского горизонта верхнего протерозоя. Глубина залегания горизонта колеблется от 1035 метров в юго-западной части структуры до 1195 метров в северо-восточной. Пласт представлен отложениями песчаника с тонкими прослоями алевролитов и реже глин. Мощность отложений колеблется от 2-3 метров в юго-западной части структуры до 10-12 метров в северо-восточной. С уменьшением мощности песчаного пласта увеличивается степень его глинизации и изменяется фациальный состав пород, и, как следствие, ухудшаются его коллекторские свойства. Отложения гидрослюдистых глин, мощностью 7-9 метров, залегающие непосредственно на первом песчаном пласте, служат крышкой [3].

Изучены геодинамические условия развития Невского поднятия и установлена закономерность структурирования геологической среды. Ранее, в результате детальных исследований на отдельных участках территории Восточно-Европейской платформы было установлено, что с позиции нелинейной геодинамики, поднятие находится в условиях преобладания сдвиговых деформаций и вертикальных колебаний [4]. На Невском ПХГ установлены возможные направления перетоков флюидов. Состояние геолого-геофизической среды устанавливается из анализа иерархической структуры поля напряжений [5]. Особенности деформации определяют несколько факторов, зависящих от литологического состава, прочности породы, общего давления, глубины залегания отложений и присутствия флюидов. Большие величины касательного напряжения определяют разрушения посредством скалывания, а небольшие растяжения образуют трещины [6]. Наблюдающиеся в настоящее время структуры возникли в результате воздействия изначальных напряжений в комбинации с усложняющимися и их последующими движениями [7].

Установлено, что Невское поднятие сформировано в условиях действующих на него усилий преимущественно восходящего вектора поля напряжений с глубины 10,5 км.

В результате растягивающих усилий, создающихся при образовании трещин отрыва плоскости главного максимального напряжения, формируются подсистемы главной системы напряжений. Растягивающие усилия приводят к возникновению новых внешних усилий, которые создают подсистемы главных напряжений более низких порядков. Новые внешние усилия возникают в плоскости главного макси-

мального напряжения и перпендикулярны к его вектору.

В структуре поля напряжений Невского поднятия выделены подсистемы главной системы напряжений более низких порядков, приуроченных глубинам -975, -485, -320, -162, -79 м и нулевой отметке относительно уровня моря. На рис. 1 показана двумерная структура поля напряжений Невского поднятия.

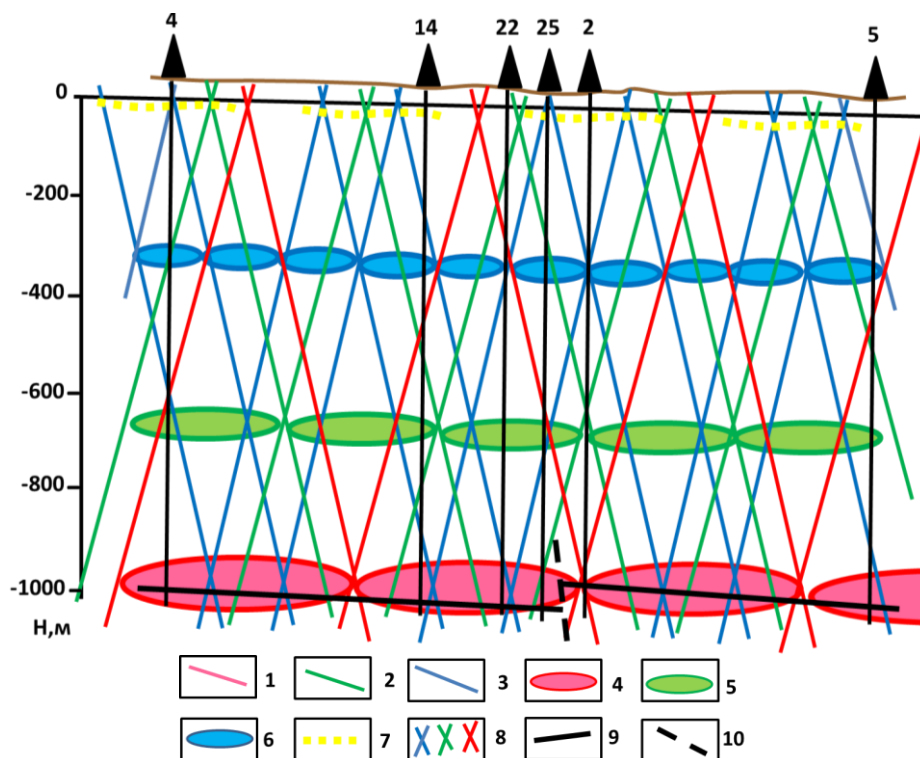


Рис.1. Двумерная схематическая структура поля напряжений Невского поднятия. Векторы касательных напряжений, действующих с глубин: 1) -975м, 2) -650м, 3) -320м; уровни, наиболее благоприятные для аккумуляции флюидов на глубине: 4) -975м, 5) -650м, 6) -320м; 7)- участки, наиболее вероятного скопления флюида на нулевой отметке; 8) - участки пересечения векторов касательных напряжений, действующих с различных уровней; 9) - кровля первого песчаного пласта гдовского горизонта; 10) -линия разлома

В объеме всей структуры Невского поднятия выделены участки пересечения векторов максимальных и минимальных напряжений, действующих с различных уровней. В этих участках возможно возникновение неблагоприятных явлений в скважинах (фонтанирование, провалы, скручивания, смятие стволов). Установлены направления вертикальной миграции флюидов. Действием восходящих векторов поля напряжений разных рангов можно объяснить миграцию газа из первого гдовского пласта коллектора в вышележащие второй и третий песчаные пласты [8].

В объеме всей структуры были выделены:

- участки возможного возникновения вертикальных движений на глубинах -79,-162, -320, -485 и -975 метров;
- трещины отрыва, скалывания; области возможного заполнения газом на глубинах -320, -650, -975 метров;
- участки возможных изменений пласта-коллектора и покрышки, характеризующиеся изменением литологического состава пород (зоны уплотнения и разуплотнения, скв.2, 5, 61, 65 и др.);
- благоприятные участки аккумуляции газа на глубинах -975 метров;

Анализ современной геодинамической ситуации на подземном хранилище газа может проводиться только на основе интерпретации комплекса геолого-геофизических данных в детальном масштабе. При этом исследования должны проводиться по следующей технологической схеме: определение зон сжатия и растяже-

ния, анализ областей их сочленения, установление разноуровневых и разномасштабных ослабленных проницаемых зон, выделение сегментов (блоков), анализ их кинематики, динамики и деформаций и подвижек на их границах. Установив неустойчивые участки в земной коре, можно определить структурно-геодинамические и другие типы ловушек, определить уровни и направления перетоков газа, устанавливающие связи между зонами проницаемости и ловушками.

Оценка напряженно-деформированного состояния среды может использоваться для прогнозирования участков локализации флюидов и переформирования залежей в процессе эксплуатации подземных хранилищ газа. Установление структурно-неустойчивых участков земной коры может использоваться для выявления возможных источников загрязнения для принятия природоохранных решений и путей снижения техногенного воздействия НПХГ на окружающую среду.

Работа выполнена в рамках государственного задания (тема «Фундаментальный базис инновационных технологий нефтяной и газовой промышленности (фундаментальные, поисковые и прикладные исследования), № АААА-А19-119013190038-2).

Список литературы:

1. Калюжный Е.П. Экологический контроль на ПХГ // Состояние гидрогеологических работ и пути повышения их эффективности на предприятиях РАО "Газпром". – М.: Риц Газпром. –1994. – С. 158-162.
2. Официальный сайт АО «Ленгазспецстрой». Режим доступа: <http://www.lgss-spb.ru>.
3. Казанкова Э.Р. Геоэкологические проблемы Невского подземного хранилища газа с позиции нелинейной геодинамики / Казанкова Э.Р., Корнилова Н.В. // Сергеевские чтения. Инженерная геология и геоэкология. Фундаментальные проблемы и прикладные задачи. Сб. ст. М.: РУДН. Ответственный редактор В.И. Осипов. –2016. – С. 293–298.
4. Казанкова Э.Р. Геоэкологические проблемы подземного хранения газа в России / Казанкова Э.Р., Корнилова Н.В. // Геология нефти и газа. – 2016. – № 3. – С. 102-108.
5. Казанкова Э.Р. Принципы системной организации полей напряжений в литосфере // Газовая промышленность. –1997. –№ 7. –С. 39–42.
6. Price N.J. Rates of deformation // J. Geol. Soc. Lond. – 1975. – № 131. – P. 553-575.
7. Уилсон Дж. Геологические структуры малых. – М.: Наука. –1994. – 256с.
8. Давыдов А.Н. Создание матрицы напряжений гдовского горизонта неевского подземного хранилища газа для уточнения мест заложения эксплуатационных скважин / Давыдов А.Н., Рубан Г.Н., Шерстобитова Г.А., Хан С.А., Королев Д.С. // Георесурсы. – 2010. – №4(36). – С. 35 – 39.

TECHNO-GEOECOLOGICAL PROBLEMS NEVSKOGO UNDERGROUND GAS STORAGE

E.R. Kazankova¹, N.V. Kornilova²

OGRI RAS, Moscow, 119333, Russia

e-mail: ¹Elvira.Kazankova@mail.ru, ²nataliakornilova@rambler.ru

Abstract

Techno-geoecological problems – a cumulative change in natural and technical systems, leading to a violation of the natural regime of their functioning and adverse effects on the geological environment and living environment. The study of geodynamic conditions and the establishment of the regularity of the geological environment structuring on the Neva underground gas storage allowed to reveal the zones of compression and stretching from geodynamic positions, to establish different-level and different-scale weakened permeable zones, which is of great importance for environmental decision-making.

КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ, УЧИТЫВАЕМЫЙ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ЛАНДШАФТА КУРОРТОВ

А.И. Казьмина, Е.И. Корой

*ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского
Академия строительства и архитектуры» г. Симферополь, Россия,
e-mail: azis.kafedra@yandex.ru, geka-koroi@yandex.ru*

Реконструкция каждого курорта носит индивидуальный характер, так как оригинальность архитектуры и градостроительной структуры должна отражать местный колорит и природно-климатические условия.

В вопросе организации ландшафта территории курортного комплекса одно из важнейших направлений принадлежит комплексной оценке природных условий, которые должны быть выявлены и учтены в проекте каждого курортного комплекса. Однако вся система должна рассматриваться как гибкое планировочное образование, части которого связаны между собой и способны развиваться и изменяться в соответствии с развитием всего курортного района.

Введение. Непрерывно возрастающая потребность в санаторно-курортном лечении и оздоровительном отдыхе требует научного, обоснованного планирования развития курортов, мест отдыха и туризма сегодня и на отдаленную перспективу [6]. Согласно принятой государственной программе развития курортов и туризма в Республике Крым, на 2017-2020 годы из 188 коллективных средств размещения, находящихся в собственности российской федерации и государственной собственности республики Крым, нуждаются в реконструкции и модернизации не менее 107 здравниц, основные фонды и медицинские базы которых изношены на 70-90% [1,2].

К сожалению, при ранее сопоставленных схемах районной планировки курортных районов: Южного и Западного берегов Крыма, юго-восточного берега Крыма, предпочтение отдавалось индуктивному методу. С помощью этого метода определялись территории, обладающие потенциальными ресурсами, устанавливалась очередность развития уже существующих и создание новых курортно-санаторных комплексов. Однако такой подход к разработке проблем перспективного развития курортов Крыма не соответствует современным требованиям.

При решении вопросов развития и реконструкции курортов, мест отдыха и туризма необходим системный подход для максимального увеличения рекреационной емкости Крыма. Необходимо также определить наиболее рациональную и эффективную организационную и градостроительную форму рекреационной системы.

Как указывает архитектор Г.М. Фомин: «Только на основе комплексного системного подхода к проблеме можно правильно осмыслить и связать воедино наши разрозненные представления и такие ранее не связанные между собой области деятельности, как планирование, проектирование и управление в градостроительстве» [1].

Необходимо помнить, что Крым является уникальным районом с исключительно благоприятными климатическими условиями и неповторимым по красоте ландшафтом. Анализ сложившихся крымских курортов показывает, что заниженный масштаб развития привел к сложным процессам реконструкции курортов.

К сожалению, генеральные планы отдельных курортов разрабатывались без реальной оценки перспективных пляжных ресурсов, что порождало серьезные ошибки при расчете вместимости курортов и формировании их планировочной структуры [2].

Отечественной и зарубежной практикой накоплен немалый опыт застройки курортно-рекреационных территорий, в процессе которой решались задачи создания крупных курортных комплексов. Широкую известность в Крыму получили: гостиничный комплекс «Ялта», комплекс пионерских лагерей «Новый Артек», курортный город-сад «Голубой залив», (выполненные под руководством действительного члена Академии художеств СССР, народного архитектора А.Т. Полянского).

Из числа зарубежных курортов: «Солнечный берег», «Золотые пески» в Болгарии, курортный комплекс на мысе «Агд», курорт «Од», «Гранд-Мотт» во Франции, ЦНИИЭП лечебно-курортных зданий разработал в Крыму на крутом рельефе санаторий гражданской авиации.

Сведения об учете использования климатических параметров для повышения уровня комфорта и здоровья человека встречаются в самых ранних классических работах по архитектуре, строительству и медицине (работы Ветрувия, А. Палладио, Ибын-Сины и др.).

Изучение климатических факторов Крыма позволило нам разработать климатические модели для курортных городов Крыма, которые представлены в предыдущих работах [3,5].

В процессе реконструкции курортных районов затрагивается целый комплекс вопросов, таких как:

- Развитие и преобразования планировочной структуры сложившихся курортов требует проведения четкого, функционального зонирования территории с ликвидацией черезполосного размещения курортной, жилой застройки и коммунальных объектов.

- Переустройство общекурортных центров. Курорты в составе курортных центров превращаются из локальных градостроительных образований в развитые планировочные системы.

- Перестройка старых кварталов застройки. Проектное предложение по реконструкции должно не только отвечает современному уровню градостроительных решений, но и открывать предпосылки для трансформации этих решений с учетом перспективных научных достижений в будущем.

- Для разработки новых принципов, обеспечивающих поддержание экологического равновесия и наиболее эффективное использование дефицитных природных ресурсов, необходимо проведение научных исследований.

Можно было бы избежать многих ошибок, если бы в схемах районной планировки и генеральных планов городов решались все принципиальные вопросы, связанные с творческим использованием природного окружения и организации ландшафта.

В масштабе реконструкции и нового проектирования такую работу необходимо начинать на стадии составления генерального плана.

К сожалению, в проектах районной планировки городов-курортов Крыма, которые были разработаны без реальной оценки перспективных пляжных ресурсов, дан заниженный масштаб развития.

Проектирование велось зачастую на основании неправильного предложения о возможности организации широких искусственных пляжей. Так, например, в основу генерального плана большой Ялты первоначально были заложены ошибочные расчеты о возможности увеличения ширины пляжей до 25 м по всему побережью, имеющему протяженность 70 км. А на самом деле возможность организации пляжей в Ялте крайне ограничена.

Множество таких примеров можно наблюдать в западной части южного берега Крыма. Для развития курортов не менее важное значение имеет рациональное использование территориальных ресурсов. Курортные зоны большинства сложившихся курортов состоят в основном из участков здравниц.

Проведенный архитектором А.О. Кудрявцевым анализ использования черноморских курортов показал, что средняя площадь участков санаторно-оздоровительных учреждений в расчете на одно место составляет в Крыму-393 м², в Сочи- 427 м², Анапа-Туапсе 600 м², это является расточительством

Прежде чем перейти к решению данной темы, были выявлены проблемы, тормозящие развитие курортно- туристической отрасли республики Крым (см табл.1) [1].

Таблица 1

Проблемы, тормозящие развитие курортно-туристической отрасли Республики Крым

Виды проблем				
Неудовлетворительное состояние инфраструктуры на территории курортно-туристических комплексов.	Неравномерность развития туристического потенциала республики Крым.	Сезонность работы курортно-туристической отрасли	Высокий уровень износа основных фондов и медицинской базы коллективных средств размещения. (70-90%)	Отсутствие четкой прогрессивной архитектурно-планировочной структуры курортов с выделением курортной, жилой, коммунально-хозяйственных зон и лесопарков.
Методы решений проблем				
Создание и функционирование туристско-рекреационных кластеров позволит создать необходимые объекты обеспечивающей инфраструктуры, которые будут соответствовать настоящим требованиям. Формирования кластеров предусмотрено точно на всей территории Республики Крым.	Необходимо формирование современных туристско-рекреационных комплексов, характеризующихся конкурентоспособностью, востребованностью, разнообразием предлагаемых лечебно-оздоровительных и туристических услуг а также высоким качеством обслуживания.	Увеличение количества предприятий санаторно-курортного и туристического комплексов, работающих круглогодично. Необходимо постепенная модернизация размещения видов турпродуктов. В настоящее время для круглогодичного функционирования предназначены 142 санаторно-курортных и 112 гостиничных учреждений. Это количество круглогодичных коллективных средств размещения недостаточно для реализации потенциала курортно-туристической сферы.	Согласно программе развития курортов и туризма в республике Крым в модернизации и реконструкции нуждается не менее 107 здравниц. При разработке новых генеральных планов с учетом реконструкции необходимо предусматривать коренную реконструкцию жилых районов. Большое внимание должно быть уделено прогнозированию пляжных ресурсов, расчету вместимости курортов и формирования их планировочной структуры.	Необходима разработка методики формирования архитектурно-планировочной структуры курортов Крыма с учетом современных требований. Курорты в составе курортных районов должны иметь развитые планировочные системы. Вся система должна рассматриваться как гибкое планировочное образование, части которого связаны между собой и способны развиваться и изменяться в соответствии с развитием всего курортного района. На такой основе можно обеспечить стабилизацию роста одних курортов путем стимулирования других.

Выводы: из вышесказанного следует, что при реконструкции курортов, мест отдыха и туризма с целью развития курортно-туристической отрасли Республики Крым необходимы:

1. Анализ текущего состояния курортно-туристической среды.
2. Проведение исследований для решения проблемы создания крупных курортных комплексов.

3. Четкая градостроительная классификация, которая позволит точно определить место крупного курортного комплекса в системе курортных образований.

4. Оценка природных условий по индивидуальным ландшафтными местностям, с указанием природных элементов и явлений

5. Разработка метода для выполнения проекта ландшафтной организации территорий курортных районов.

Список литературы:

1. Постановление Совета Министров Республики Крым от 29 декабря 2016г. №650 об утверждении государственной программы развития курортов и туризма в Республике Крым на 2017-220 годы.
2. Рекомендации по описанию климата большого города. Часть IV. Показатели теплового состояния человека и характеристика биоклимата городской среды. Подготовил Б.А. Айзенштат. -Л., 1978.-66 с.
3. Казьмина А.И., Корой Е.И. Энергетический потенциал климата района строительства и условия для саморегулирования теплового режима территории В сборнике: Новая наука: история становления, современное состояние, перспективы развития // Сборник статей Международной научно-практической конференции. 2017. С. 169-174.
4. Казьмина А.И., Корой Е.И. Методы архитектурно – строительных решений и тепловая эффективность зданий в сборнике: Современные концепции развития науки Сборник статей Международной научно-практической конференции. Ответственный редактор Сукиасян Асатур Альбертович. 2017. С. 180-188.
5. Казьмина А.И., Корой Е.И. Взаимосвязь предпроектных исследований и характера комплексной реконструкции жилых зданий // Вестник науки и образования Северо-Запада России. 2015. Т. 1. № -4. - С. 32-39.
6. Развитие города, 2005. Сб. Науч. Тр. / Под редакцией проф. Киевского Л.В. – М.: АРГУС, 234
7. Биркая К. Строительно-климатическое микрорайонирование – предпосылка для застройки городов/ Сб. науч. Тр. №6 – Вып.2. – Тбилиси, 1973. – С. 71-76.

**A COMPREHENSIVE ANALYSIS OF THE NATURAL ENVIRONMENT
TAKEN INTO ACCOUNT IN THE RECONSTRUCTION OF THE LANDSCAPE
OF THE RESORTS**

A.I. Kazmina, E.I. Koroï

*Federal state Autonomous educational institution "Crimean Federal University named
after V. Vernadsky And the Academy of construction and architecture" Simferopol,
e-mail: azis.kafedra@yandex.ru, geka-koroi@yandex.ru*

Abstract

The reconstruction of each resort is special. Since the originality of architecture and urban structure should reflect the local color and natural climatic conditions.

In the organization of the landscape of the resort complex one of the most important areas belongs to a comprehensive assessment of natural conditions that must be identified and taken into account in the project of each resort complex. However, the whole system should be seen as a flexible planning entity, parts of which are interconnected and able to evolve and change in accordance with the development of the entire resort area.

**ВЛИЯНИЕ ЗНАЧИТЕЛЬНЫХ ДЛЯ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ
КОЛЕБАНИЙ ВЫСОТЫ НА ЛАТЕРАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ
 ^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{241}Am В ПОВЕРХНОСТНОМ СЛОЕ ПОЧВЫ**

С.А. Калининченко¹, В.В. Головешкин¹, О.А. Шуранкова²

¹ГПНИУ «Полесский государственный радиационно-экологический заповедник»,
г. Хойники, 247618, Беларусь, e-mail: s-a-k@list.ru, goloveshkin.victor@yandex.ru

²ГНУ «Институт радиобиологии Национальной академии наук Беларуси»,
г. Гомель, 246007, Беларусь, e-mail: shurankova@list.ru

Плотность загрязнения почв техногенными радионуклидами аварийного выброса зависит как от величины исходных выпадений, так и от последующих процессов их пространственного перераспределения. В настоящее время неоднородность перераспределения радионуклидов на территории зоны отчуждения ЧАЭС обусловлена вторичными процессами, связанными с горизонтальным переносом в пределах элементарных ландшафтов. Закономерности вторичного перераспределения радионуклидов в ландшафтно-геохимических системах типа «вершина - склон - замыкающее понижение» наименее изучены несмотря на то, что именно такого рода неоднородности способны определять реальные условия проживания людей в населенных пунктах и загрязненность сельскохозяйственной продукции [1-2].

Исследования проведены в 2016–2017 гг. на территории Полесского государственного радиационно-экологического заповедника в белорусском секторе ближней зоны (отчуждения) Чернобыльской АЭС. Для изучения выбран экспериментальный полигон с существенным для Белорусского Полесья перепадом высот, охватывающий большую часть урочища «Ясева гора». Полигон расположен в районе исследовательской станции «Масаны» на расстоянии около 12 км от четвертого энергоблока Чернобыльской АЭС. Высота наивысшей точки полигона над уровнем моря – около 151 м, диапазон колебания высот составляет 15,2 м. Размер экспериментального полигона составил 100×100 м. При исследовании пространственной неоднородности радиоактивных выпадений был использован метод вложенных квадратов. Большой (основной) экспериментальный полигон был разбит на малые площадки размером 10×10 м, на которых и проводился анализ высотных уровней и отбор смешанных образцов почвы стандартным пробоотборником диаметром 4 см на глубину 20 см. Съёмка высот на территории экспериментального полигона была проведена вручную, при помощи вешек, мерных реек, линейки и строительного уровня. При этом одновременно были проведены измерения координат крайних точек полигона и мощности дозы γ -излучения (МД) на высоте 1 м и 3-4 см от поверхности почвы при помощи дозиметра-радиометра МКС (EL) – 1117А.

Полевые исследования были проведены в сухую погоду, измерение МД – в весенний период, до отрастания травянистой растительности. Смешанные образцы почвы, включающие 5 уколов, упаковывались в полиэтиленовые пакеты с этикеткой о пробе и передавались для лабораторных исследований. В лабораторных условиях пробы почвы высушивали при температуре 20-25°C и гомогенизировали. По окончании пробоподготовки образцы помещались в измерительные сосуды для последующего определения радионуклидов. Ошибка измерений составляла не менее 20%. Для обработки результатов использованы методы вариационной статистики и корреляционного анализа [3]. С целью установления изменчивости (размаха варьирования) содержания радионуклидов в почве были определены коэффициенты вариации К. Пирсона (V). В работе используется классификация ландшафтов в зависимости от геохимической сопряженности, предложенная Б.Б. Полюновым [4].

На начальном этапе исследований была построена подробная карта высот, экспериментального полигона с шагом 5 м. На основании полученных данных осуществлена компьютерная визуализация рельефа полигона, позволившая установить места возможных наибольших геохимических аномалий и участки перехода от элювиальных к трансэлювиальным и трансэлювиально-аккумулятивным ландшафтам. На основе анализа, выделенных по условиям рельефа ландшафтов полигона исследований было установлено, что значительную часть территории занимают трансэлювиальные и трансэлювиально-аккумулятивные ландшафты (около 50%), на долю элювиальных приходится около 15%, субаквальных около 35% территории. Аквальные и супераквальные ландшафты в данной работе не исследовались.

Проведенные измерения МД на высоте 3-4 см на территории экспериментального полигона «Ясева гора» показали невысокую вариабельность. Коэффициент вариации значений МД составил 12,3%. На высоте 1 м от поверхности почвы вариабельность была еще несколько ниже ($V=9,1\%$), что закономерно в связи с большим охватом площади поверхности почвы, с которой усредняется поток γ -излучения при более высоком расположении детектора. Коэффициент корреляции между значениями МД на высоте 1 м и на поверхности почвы составляет 0,79, что аналогично полученным нами ранее данным для других экспериментальных полигонов [5, 6].

Оценка содержания радионуклидов в почве показала, что средние уровни плотности загрязнения выбранного полигона на территории урочища «Ясева гора» составили: для ^{137}Cs – 3789,6 кБк/м² (102,4 Ки/км²), для ^{90}Sr – 792,4 кБк/м² (21,4 Ки/км²), для ^{241}Am – 66,9 кБк/м² (1,8 Ки/км²). Максимальные же значения содержания радионуклидов в поверхностном слое почвы составили: для ^{137}Cs – 6342,7 кБк/м² (171,4 Ки/км²), для ^{90}Sr – 1779,6 кБк/м² (48,1 Ки/км²), для ^{241}Am – 184,7 кБк/м² (5,0 Ки/км²).

При анализе латеральной дифференциации ^{137}Cs в верхнем 20-см слое почвы на территории экспериментального полигона не было обнаружено значительных перепадов значений плотности загрязнения. Разница между минимальным и максимальным значениями составила 3,4 раза. Коэффициент вариации содержания ^{137}Cs при этом для экспериментального полигона составил 21,6% (рис. 1).

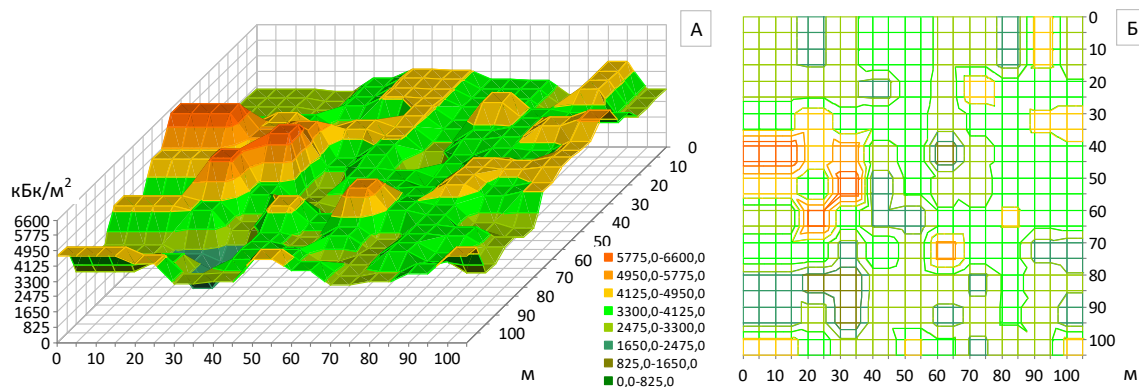


Рис. 1. Латеральное распределение ^{137}Cs на поверхности экспериментального полигона (А – гистограмма поверхности, Б – проекция сверху), кБк/м²

Оценка связи содержания ^{137}Cs с высотными уровнями полигона обнаружила низкую положительную корреляцию ($r_{xy}=0,27$). Сопряженность участков с повышенным содержанием ^{137}Cs с различными ландшафтами в данных условиях установить не представляется возможным в связи с большой мозаичностью и неоднородностью чернобыльских выпадений. С момента аварии прошло недостаточно времени, чтобы процессы эрозии и дефляции сформировали окончательную ландшафтно-геохимическую пространственную структуру. Данные латерального распределения ^{137}Cs указывают на определённое соответствие между плотностью загрязнения площадок и результатами γ -съёмки. Участки с максимальными значениями МД на высо-

те обнаруживают наиболее высокое содержание ^{137}Cs в почве. При этом эмпирический коэффициент корреляции между МД на высоте 1 м и содержанием ^{137}Cs в почве составил 0,15, для высоты 3-4 см $r_{xy}=0,32$. Большую роль при этом играют особенности микрорельефа с перераспределением областей повышенного увлажнения и формированием зон выноса и концентрирования химических элементов, в том числе и радионуклидов. В качестве зон выноса выступают трансэлювиальные и трансэлювиально-аккумулятивные ландшафты, а зон концентрирования или геохимических барьеров – элювиальные ландшафты различного типа и генезиса.

Распределение ^{90}Sr в верхнем 20-см слое почвы полигона также обнаруживает значительную мозаичность. Однако перепады его содержания в почве гораздо существеннее. Разница между минимальным и максимальным значениями составила 63,8 раза (рис. 2).

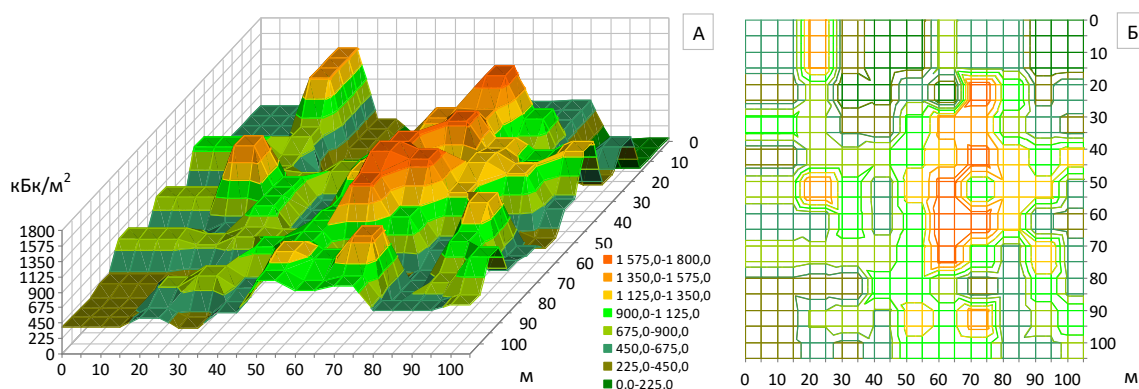


Рис. 2. Латеральное распределение ^{90}Sr на поверхности экспериментального полигона (А – гистограмма поверхности, Б – проекция сверху), $\text{кБк}/\text{м}^2$

Коэффициент вариации ^{90}Sr для экспериментального полигона составил 51,9%, причем графический анализ указывает на несовпадение участков локализации максимального содержания данного радионуклида и ^{137}Cs . Это указывает на различный характер первоначального поступления этих элементов на поверхность почвы [7]. Различия в генезисе ^{137}Cs и ^{90}Sr ближней зоны также подтверждаются практически нулевым коэффициентом корреляции ($r_{xy}=0,06$) между плотностями загрязнения данными радионуклидами. Естественно, не обнаружено корреляционных взаимосвязей между плотностью загрязнения территории ^{90}Sr и МД γ -излучения. Оценка совпадения содержания ^{90}Sr в почве с высотными уровнями площадок обнаружила еще более низкую положительную корреляцию ($r_{xy}=0,19$).

Анализ латеральной дифференциации ^{241}Am в пределах исследуемого полигона обнаружил существенное совпадение участков с максимальным загрязнением данным радионуклидом и ^{137}Cs (рис. 3).

При этом коэффициент корреляции между содержанием ^{241}Am и ^{137}Cs в почве составил 0,70. Между МД на высоте 1 м и содержанием ^{241}Am в почве $r_{xy}=0,19$, для высоты 3-4 см $r_{xy}=0,30$. Самая низкая корреляционная взаимосвязь была обнаружена между распределением в почве ^{241}Am и ^{90}Sr ($r_{xy}=0,10$). По характеру варьирования ^{241}Am занимает промежуточное положение между ^{137}Cs и ^{90}Sr ($V=33,1\%$). Разница между минимальным и максимальным значениями составила 10,3 раза. Оценка совпадения содержания ^{241}Am с высотными уровнями полигона обнаружила такую же низкую положительную корреляцию, как и в отношении ^{137}Cs ($r_{xy}=0,27$).

Анализ кривых распределения показал, что при заданных объемах выборки для значений содержания радионуклидов в почве расчёты критериев достоверности оценок (t_{As} , t_{Ex}) и полученные величины медианы и моды указывают на логнормальный характер распределения значений плотности загрязнения экспериментального полигона (табл. 1).

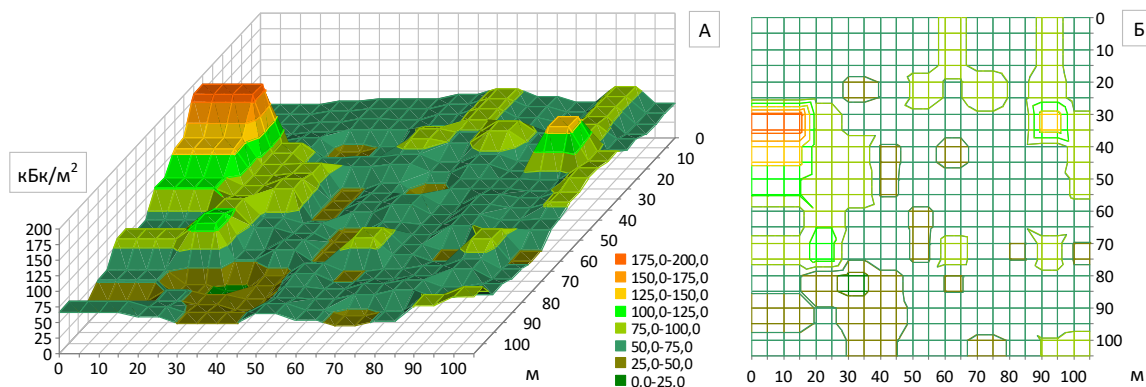


Рис. 3. Латеральное распределение ^{241}Am на поверхности экспериментального полигона (А – гистограмма поверхности, Б – проекция сверху), $\text{кБк}/\text{м}^2$

Таблица 1
Анализ кривых распределения плотности загрязнения полигона ^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{241}Am

$\text{кБк}/\text{м}^2$	\bar{x}	lim		σ	Me	Mo	As	Ex	t_{As}	t_{Ex}	V, %
		$x_{\text{min.}}$	$x_{\text{max.}}$								
^{137}Cs	3789,6	1876,6	6342,7	817,0	3781,9	3583	0,48	1,02	1,98	2,13	21,6
^{90}Sr	792,4	27,9	1779,6	411,5	718,6	672	0,36	-0,40	1,47	-0,83	51,9
^{241}Am	66,9	18,0	184,7	22,1	63,1	63	1,96	7,93	8,13	16,60	33,1

* - расчет произведен при уровне доверительной вероятности $P \leq 0,05$

Это подтверждает проверка по биометрическим таблицам и проверка распределения на соответствие нормальному закону при помощи теста Колмогорова-Смирнова. Ассиметрия распределения содержания исследованных радионуклидов в почве выше единицы, что указывает на смещение распределений влево, к более низким значениям. При этом у ^{241}Am данное смещение выражено сильнее, чем у ^{137}Cs и ^{90}Sr . Эксцесс распределения ^{241}Am также очень сильно отличается от ^{137}Cs и ^{90}Sr . Высокое значение эксцесса указывает на то, что, по сравнению с нормальным распределением, плотность загрязнения отдельных участков в значительно большей степени сосредоточена вокруг среднего значения и относительно мало участков с плотностью загрязнения отличающейся от средней более чем на одно среднее квадратичное отклонение. У распределения ^{90}Sr , напротив, эксцесс ниже единицы, что указывает на более равномерное, по сравнению с логнормальным, распределение.

Показатели дисперсии и среднего квадратичного отклонения в целом характерны для заданных условий имеющейся совокупности значений. Анализ характера варьирования показал, что на территории выбранного полигона урочища «Ясева гора» в большей степени изменчивости содержания в верхнем слое почвы подлежит ^{90}Sr . Это подтверждается наибольшим коэффициентом вариации (51,9 %). Меньше всего варьирует в почве содержание ^{137}Cs , что в большей степени определено характером черномыльских выпадений. Полученные параметры в значительной степени согласуются с проведенными нами ранее исследованиями на других экспериментальных полигонах [5, 6].

Таким образом, анализ распределения радионуклидов по различным типам ландшафтов позволил выявить нам ряд факторов, влияющих на формирование пространственной картины распределения радиоактивных химических элементов, включая формы нахождения в почве, первоначальный характер выпадений, особенности ландшафтов, влияние погодных-климатических условий и сроков их воздействия. Для аварийных радиоактивных выпадений характерна пространственная неоднородность загрязнения. Различия в распределении исследуемых радионуклидов по поверхности экспериментального полигона обусловлены как особенностями их

нахождения в составе чернобыльского выброса, так и различиями в миграционных свойствах. Так для ^{137}Cs характерна высокая подвижность в растворённом и ассоциированном с растительным материалом состоянии в начальный период и закрепление на минеральных почвенных частицах в последующие годы, что резко снизило миграционный потенциал радионуклида как в горизонтальной плоскости, так и по вертикальному профилю. Для ^{90}Sr характерно постепенное повышение миграционной способности, после выпадения на поверхность почвы в составе топливных частиц, по мере перехода значительной части радионуклида в растворённую и обменную фазы. ^{241}Am и его материнский радионуклид ^{241}Pu характеризуются весьма низкими миграционными способностями на всём протяжении послеаварийного периода. При разрушении топливных частиц они довольно быстро связываются с минералами почвы и практически не выходят в растворённую фазу.

Список литературы:

1. Коробова Е.М. Особенности пространственного распределения Cs-137, K-40 и стабильного йода в почвах супераквальных ландшафтов поймы р. Ипуть / Е.М. Коробова, С.Л. Романов, В.Ю. Берёзкин // Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека: материалы IV межд. конф., Томск, 4–8 июня 2013 г. Томск – 2013. – С. 295–298.
2. Романов С.Л. Опыт применения модернизированного прибора VIOLINIST-III в полевых радиоэкологических исследованиях / С.Л. Романов, Е.М. Коробова, В.Л. Самсонов // «Ядерные измерительно-информационные технологии». – 2011. – Т.3. – №39. – С. 56–61.
3. Лакин Г.Ф. Биометрия: учеб. пособие для биологич. спец. вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. // М.: Высш. школа, 1980. – 293 с.
4. Польшов Б.Б. Избранные труды. – М.: Изд-во АН СССР, 1956. – 751 с.
5. Калиниченко С.А. Латеральная миграция ^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{241}Am в поверхностном слое почвы различных биогеоценозов зоны отчуждения ЧАЭС // Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2017: сб. статей по материалам науч.-практ. конф. с межд. участ., Севастополь, 11-15 сентября 2017 г. / Под ред. Ю.А. Омельчук, Н.В. Ляминой, Г.В. Кучерик. – Севастополь: СевГУ, 2017. – С. 571–574.
6. Калиниченко С.А. Характеристика латерального распределения ^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{241}Am в поверхностном слое почвы различных биогеоценозов белорусского сектора зоны отчуждения Чернобыльской АЭС // Известия Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины. Естественные науки. – 2018. – №3 (108). – С. 42–48.
7. Kashparov V.A. Soil contamination with ^{90}Sr in the near zone of the Chernobyl accident, Tschiersch J. / V.A. Kashparov, S.M. Lundin, Yu.V. Khomutinin [et al.] // Journal of Environment Radioactivity – 2001. – Vol. 56, № 3. – P. 285–298.

THE IMPACT SIGNIFICANT FOR BELARUSIAN POLESIE OF HEIGHT DIFFERENCE ON LATERAL DISTRIBUTION OF ^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{241}Am IN SURFACE LAYER OF SOIL

S.A. Kalinichenko¹, V.V. Goloveshkin¹, O.A. Shurankova²

¹Department of radioecological monitoring, «Polesye State Radiation-Ecological Reserve», Khoyniki, 247618, Belarus, e-mail: s-a-k@list.ru, goloveshkin.victor@yandex.ru

²Department of radioecology, «Institute of Radiobiology of the National Academy of Sciences of Belarus», Gomel, 246007, Belarus, e-mail: shurankova@list.ru

Abstract

Analysis of the correlation relationships between the radioisotopes activity concentration in the upper soil layer and the altitude fluctuations on the site did not reveal a significant relationship between them. It shows that final landscape-geochemical spatial structure Chernobyl radioactive losses are not formed for now due to biotic migration, erosion, and deflation.

БИОМОНИТОРИНГ ЗАГРЯЗНЕНИЙ НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМ

В.Г. Каплин

*Всероссийский институт защиты растений,
Санкт-Петербург, г. Пушкин, 196608, Россия,
e-mail: ctenolepisma@mail.ru*

Основными источниками загрязняющих веществ являются промышленность, транспорт, жилищно-коммунальное хозяйство, сельское хозяйство. Основные пути загрязнения экосистем – воздушные выбросы загрязняющих веществ и их сброс в водоемы со сточными водами. Среди выбросов веществ в атмосферу преобладают газообразные неорганические соединения и их кислоты, соединения тяжелых металлов, радионуклиды, полиароматические углеводороды и диоксины, нефтепродукты, средства защиты растений. Оксиды серы и азота в соединении с содержащимися в атмосфере парами воды образуют кислоты, способствующие выпадению кислотных дождей. Кислотные дожди – это атмосферные осадки, pH которых ниже, чем 5.5. Легкие хронические повреждения деревьев происходят при среднегодовой концентрации SO₂ в воздухе – 10–30, средние – 20–40, сильные – более 70 мкг/м³. При весеннем таянии снега серная кислота вызывает кислотный шок у корней растений.

К тяжелым металлам относятся металлы, плотность которых выше 5 г/см³. Среди тяжелых металлов 13 металлов (Be, Al, Cr, As, Se, Ag, Cd, Sn, Sb, Ba, Hg, Te, Pb) токсичны во всех своих водо-, щелоче-, кислоторастворимых соединениях. Среди них группу неорганических экотоксинов возглавляют кадмий, свинец и ртуть [1]. Концентрация тяжелых металлов в почве и растениях отражает потенциальную, в теле животных – фактическую загрязненность ими экосистем. Хороший индикатор загрязнений окружающей среды тяжелыми металлами – содержание их в организме позвоночных животных, особенно млекопитающих, а также почвенных беспозвоночных. Необходимо учитывать, что степень концентрации тяжелых металлов постепенно увеличивается от биокосной среды (почвы) к автотрофам (зеленым растениям) и далее к гетеротрофам, достигая максимума в организмах крупных хищников. Дождевые черви накапливают металлы в 3–5 раз больше, чем их содержится в почве. В пресных водоемах одна из самых загрязненных ими рыб – судак. При прохождении по пищевым цепям концентрация тяжелых металлов в живых организмах от одного уровня к другому возрастает на порядок, что приводит к уменьшению длины трофических цепей. Основным источником загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами – транспорт.

Применяемые в посевах и посадках сельскохозяйственных культур пестициды оказывают на живые организмы воздействие, сходное с влиянием тяжелых металлов. При высоком загрязнении окружающей среды пестицидами вначале исчезают дневные хищники, рыбацкие и околородные птицы (скопа, серая цапля, выпь, поганка, кулики, чайки и др.), затем всеядные (исключая врановых) и, наконец, растительноядные и насекомоядные виды. В водоемах хорошим индикатором загрязнения хлорорганическими соединениями являются моллюски, хищные рыбы, которые накапливают их в своем теле до 2500 мг/кг, что в 100–125 тыс. раз может превышать концентрацию препаратов в воде. При этом растительноядные рыбы содержат их в десять раз меньше, чем хищные.

Лишайники и высшие растения как индикаторы загрязнений воздуха. Самыми чувствительными индикаторами общего загрязнения воздуха являются эпифитные лишайники на стволах и ветвях древесных растений. К следующей группе хороших биоиндикаторов чистоты воздуха относятся мхи и голосеменные, в частно-

сти, хвойные (ель, сосна), затем идут цветковые растения. Низкую устойчивость лишайников к атмосферному загрязнению определяют высокая чувствительность водорослевого компонента лишайников; отсутствие защитных покровов и связанное с этим беспрепятственное поглощение газов слоевищами лишайников; повышенная требовательность к кислотности субстрата, небольшие размеры их тела и значительная продолжительность жизни. В биомониторинге загрязнений воздуха лишайники имеют значительные преимущества перед прямыми измерениями содержания загрязняющих веществ в воздухе, они отражают многолетнее интегральное влияние загрязнений воздуха. Лишайники как индикаторы загрязнений воздуха широко используются в Эстонии, Канаде, Великобритании, Германии. По степени влияния антропогенных факторов на различные виды лишайников было выделено 10 классов их полеотолерантности. Вид относится к тому классу полеотолерантности, при антропогенных условиях которого он наиболее часто встречается, имеет наивысшие показатели покрытия и жизнеспособности [2]. К первому классу относятся естественные местообитания практически без антропогенного влияния, а к десятому – городские и индустриальные условия обитания с сильным антропогенным влиянием и среднегодовым содержанием SO_2 в воздухе более 150 мкг/м^3 . Одни из самых чувствительных к загрязнению воздуха – лишайники рода *Usnea*, устойчивых – золотнянка постенная (*Xanthoria parietana*). При среднегодовом содержании SO_2 в воздухе около 150 мкг/м^3 на стволах деревьев встречается преимущественно золотнянка.

Хорошими индикаторами загрязнения воздуха являются состояние и продолжительность жизни хвои. Ель и сосна нормально развиваются при среднегодовом содержании SO_2 в воздухе около $7\text{--}9 \text{ мкг/м}^3$. В чистом воздухе хвоя особенно на молодых елях держится 14–16 лет. Возраст хвои ели 6–10 лет свидетельствует об ухудшении качества воздуха в последние 3–5 лет до уровня предельно допустимых концентраций SO_2 (50 мкг/м^3). При возрасте еловой хвои 2–3 года качество воздуха в 10–15 раз хуже санитарных норм и среднее содержание SO_2 в нем составляет $500\text{--}750 \text{ мкг/м}^3$. Подобные деревья обречены на гибель. У сосны хвоя живет до 5–6 лет. При средних концентрациях SO_2 в воздухе около 50 мкг/м^3 продолжительность ее жизни сокращается до 2–3 лет [3].

Биомониторинг качества воды и степени загрязнения пресных водоемов. Биологическое состояние водоема, определяемое концентрацией органических веществ и интенсивностью процессов их разложения, получило название *сапробности*. Водоемы или их зоны в зависимости от степени загрязнения органическими веществами подразделяются на 4 группы [4].

1. *Катаробная* группа. Включает источники, содержащие чистойшую воду. К ним относятся подземные родниковые воды, талые воды горных ледников. Индекс сапробности – 0.

2. *Лимносაпробная* группа включает 4 подгруппы: а) ксеносапробная зона, практически чистые воды, содержащие крайне незначительные количества растворенных органических веществ, индекс сапробности – менее 1.0; б) олигосапробная зона, растворенных органических веществ почти нет, индекс сапробности – 1.0; в) мезосапробная зона, подразделяется на β - и α - мезосапробные подзоны; индекс сапробности β -мезосапробных вод – 1.1–2.0, α -мезосапробных – 2.1–3.0; г) полисапробная зона характеризуется наличием в воде неразложившихся белков, индекс сапробности – 3.1–4.5. Ксено- и олигосапробные воды после обработки пригодны для питья, мезо- и полисапробные воды используются главным образом для бытовых и технических нужд.

3. *Эусапробная* группа. Относится к категории сточных вод, содержащих большое количество органических веществ, разложение которых протекает почти в анаэробных или аэробных условиях с помощью микроорганизмов и биохимическим путем, индекс сапробности – 4.6–8.0.

4. *Транссапробная* группа характеризуется большим количеством токсичных и минеральных веществ, радиоактивных стоков и т.п.; биохимический распад органических веществ не происходит; эти воды полностью непригодны для какого-либо использования.

Оценка степени загрязнения вод по показателям макрозообентоса. Наиболее простым методом оценки качества воды и состояния водоема с помощью представителей макрозообентоса является разработанный в Англии метод Вудивиса [5]. При этом качество воды оценивается не по показателю сапробности, а по биотическому индексу, обозначаемому цифрами от 0 до 10, и классификатору чистоты воды, включающему 6 классов (табл. 1, 2).

Таблица 1

Рабочая шкала для определения биологического индекса [6]

Показательные организмы	Видовое разнообразие	Биотический индекс по наличию общего числа присутствующих «групп»				
		0–1	2–5	6–10	11–15	≥16
Личинки веснянок	Больше 1 вида	–	7	8	9	10
	Только 1 вид	–	6	7	8	9
Личинки поденок	Больше 1 вида	–	6	7	8	9
	Только 1 вид	–	5	6	7	8
Личинки ручейников	Больше 1 вида	–	5	6	7	8
	Только 1 вид	–	4	5	6	7
Гаммарусы	Выше указанные виды отсутствуют	3	4	5	6	7
Водяной ослик	То же	2	3	4	5	6
Тубифициды и личинки хирономид	То же	1	2	3	4	5
Все выше названные группы отсутствуют	Могут присутствовать виды, не требовательные к кислороду	0	1	2	–	–

Биотический индекс по системе Вудивиса определяется по рабочей шкале, построенной по принципу использования наиболее часто встречаемой последовательности исчезновения гидрофауны по мере увеличения степени загрязнения вод. Для учета разнообразия организмов предложено условное понятие «группа» животных; для легкоопределяемых систематических групп фауны – это виды, для трудноопределяемых – более крупные таксоны (отряды, семейства, роды и т.д.). По общему количеству и качественному составу выявленных при учетах макрозообентоса групп животных по таблице Вудивиса определяют биотический индекс, соответствующий определенному классу чистоты воды (табл. 2). Для этого в графе «Биотический индекс» находят столбец с соответствующим числом выявленных в пробах донного грунта групп животных. Затем в первой графе «Показательные организмы...» при движении сверху вниз находят первую встреченную в пробах индикаторную группу животных. На пересечении выбранных горизонтальной и вертикальной строчек находят значение биотического индекса.

Одна из важных целей экологического мониторинга – наблюдение за состоянием природной среды и происходящими в ней процессами под влиянием факторов антропогенного воздействия. Систему биомониторинга загрязнений окружающей среды необходимо включить в уже существующую государственную службу наблюдений и контроля состояния природной среды.

Классификация качества вод суши по показателям зообентоса [7]

Класс вод	Воды	Биотический индекс
1	Очень чистые	10–8
2	Чистые	7–5
3	Умеренно загрязненные	4–3
4	Загрязненные	2–1
5	Грязные	1–0
6	Очень грязные	0

Список литературы:

1. Пурмаль А.П. Антропогенная токсикация планеты // Соросовский образовательный журнал. – 1998. - № 9. – С. 39-51.
2. Трасс Х.Х. Классы полевотолерантности лишайников и экологический мониторинг // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Т. 7. – Л.: Гидрометеоиздат, 1985. – С. 22–137.
3. Каплин В.Г. Биоиндикация состояния экосистем. – Самара, 2001. – 144 с.
4. Sládeček V. System j water quality from biological point of view // Ergebnisse der Archiv für Hydrobiologie, Beiheft Ergebnisse der Limnologie. – 1973. – Vol. 76. – 218 s.
5. Woodiwiss F. S. A biological system to stream classification used by Trent River Board // Chemistry & Industry. – 1964. – № 11. – С. 443-447.
6. Вудивис Ф.С. Совместные англо-советские биологические исследования в Ноттенгеме в 1977 г. // Научные основы контроля качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям. Тр. II советско-английского семинара. – Л.: Гидрометеоиздат, 1981. – С. 117–189.
7. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод поверхностных вод и донных отложений / Под ред. А.В. Абакумова. – Л.: Гидрометеоиздат, 1983. – 240 с.

BIOMONITORING OF POLLUTION OF TERRESTRIAL ECOSYSTEMS

V.G. Kaplin

*All-Russian Institute of Plant Protection,
St. Peterburg-Pushkin, 196608, Russian Federation,
e-mail: ctenolepisma@mail.ru*

Abstract

The system of biomonitoring of environmental pollution should be included in the state service for monitoring and control of the environment. Epiphytic lichens; life expectancy and the state of pine and spruce needles are recommended to assess the quality of atmospheric air; representatives of macrozoobenthos - water quality and the state of freshwater reservoirs.

О ВОЗМОЖНОСТИ СОЗДАНИЯ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ СБОРА КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА

**А.Р. Каримов^{1,2}; А.В. Ильинский³; С.А. Терехов¹; А.Ю. Кузнецов⁴;
В.К. Баев¹; К.И. Козловский¹; А.Е. Шиканов¹; Е.А. Шиканов⁵**

¹Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»,
Москва, 111409, Россия, e-mail: aeshikanov14@mail.ru

²Объединенный институт высоких температур РАН,
Москва, 127412, Россия, e-mail: ARKarimov@terphi.ru

³Институт геофизических и радиационных технологий Международной
академии наук высшей школы, Москва, 129345, Россия,
e-mail: andry49@yandex.ru

⁴Институт экологических, геофизических и радиационных технологий,
Москва, 127434, Россия, e-mail: alex_alex68@mail.ru

⁵ООО «Спецавтоинжиниринг», Москва, Россия, e-mail: eshikanov@mail.ru

Высокоскоростные плазменные потоки, состоящие из электронов, ионов и заряженных макроскопических частиц, представляют интерес для различных технических приложений [1-3]. В частности, такие потоки могут быть использованы для утилизации космического мусора: ускоренные частицы ударившись с фрагментами космического мусора, меняют импульс этих объектов. В результате данные объекты либо теряют скорость и падают в атмосферу Земли, где сгорают, либо они приобретают дополнительную скорость и уходят с орбиты Земли в дальний космос.

В этой связи возникают естественные вопросы, связанные с изменением траектории мусорных объектов и созданием необходимых потоков ускоренных частиц. Рассмотрению последней задачи посвящена настоящая заметка.

Рабочим телом во всех типах плазменных ускорителей является плазма, которую нужно получить из нейтральных атомов и ускорить. Естественно, на это тратится энергия и материя, которые непрерывно расходуются. Однако, в отличие от химических реактивных двигателей, в которых расходуется только запас топлива, в плазменных двигателях есть возможность использовать для этого энергию Солнца и вещество окружающего пространства.

В работе [1] на основе анализа характеристик компонент межпланетной среды мы пришли к заключению, что реально в качестве топлива пригодна среда солнечного ветра и частицы межпланетной пыли. Но плотность данных компонент меняется в диапазоне от 10 см^{-3} (для солнечного ветра) до 10^3 см^{-3} (для космической пыли) и этого явно недостаточно для организации разряда низкого давления ($n_0 \sim 10^{10} - 10^{11} \text{ см}^{-3}$). При этом, как было показано в [1], для расстояний, соизмеримых с удаленностью Земли от Солнца, время накопления энергии, необходимой для ионизации водородоподобных атомов, пренебрежимо с временем накопления вещества из окружающего космического пространства, т.е. основная проблема – это накопление нейтральных частиц из околоземного пространства.

Предлагается увеличивать концентрацию захватываемого вещества за счет ловушки, изображенной на рис. 1, которая расположена на космическом аппарате и работает за счет увеличения числа захватываемых частиц с увеличением скорости аппарата. Попадающие частицы, многократно отражаясь от конической поверхности, попадают в область разрядной камеры. В результате плотность частиц в узкой части может превысить входную плотность в отношении площадей входного отверстия и разрядной камеры. Например, для концентратора, представленного на рис. 1, получаем $k = 10^4$. На рис. 2 приведена оценка времени накопления плотности до

$n_0 = 10^{11} \text{ см}^{-3}$ в зависимости от скорости корабля в данной ловушке для солнечного ветра и космической пыли при разрядной камере объемом $V = 10^3 \text{ см}^3$. Как видно из приведенных зависимостей, налетающий поток частиц сможет обеспечивать только импульсный режим работы источника плазмы. При этом частота импульсов такого устройства должна меняться со скоростью ракеты и зависит от концентрации внешней среды.

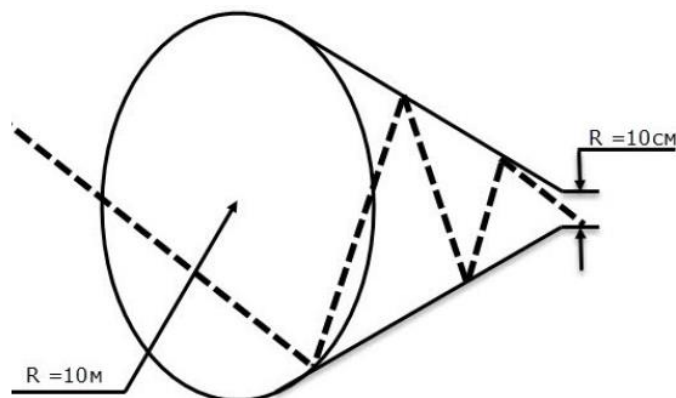


Рис. 1. Схема концентратора (пунктирной линией изображена траектория захватываемой частицы)

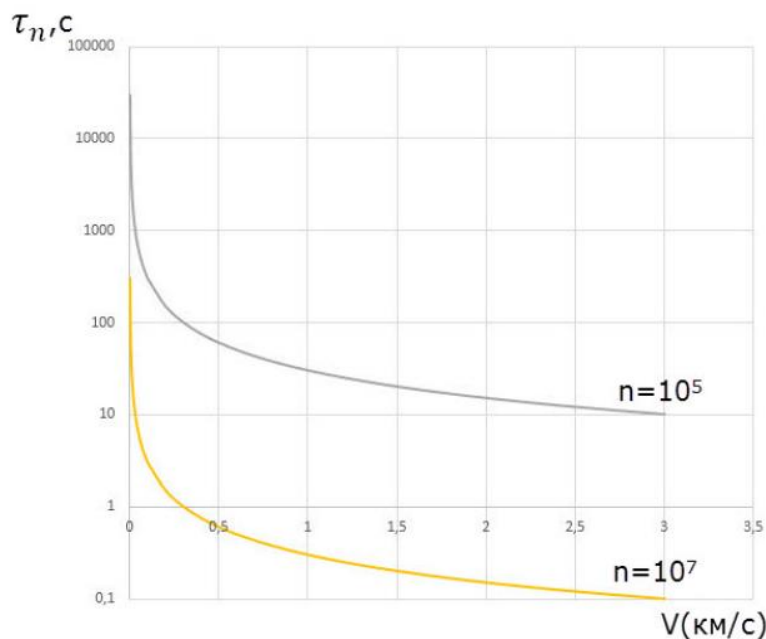


Рис. 2. Время набора частиц в зависимости от относительной скорости налетающего потока

Поскольку основной поступающий поток вещества состоит из водородоподобных атомов и частиц пыли, то можно ожидать, что получаемая плазма тоже будет состоять из однозарядных ионов, многозарядных массивных пылинок и электронов. В этой связи возникает вопрос о возможности ускорения данной плазмы до требуемых скоростей.

В настоящей заметке рассматривается ускорение заряженных макроскопических частиц, входящих в состав пылевой плазмы, за счет их захвата вращающимся плазменным потоком, который, попадая в область в скрещенных магнитных полях, изображенную на рис. 3(а), ускоряется за счет передачи импульса между макроскопическими степенями свободы потока плазмы [4-6].

В данном случае магнитное поле имеет постоянную радиальную компоненту B_{r_0} и меняющуюся во времени аксиальную составляющую $B_{z_0}(t)$, которая порождает азимутальное электрическое поле, закручивающее поток ионов $j_{i\phi}$ в одну сто-

рону, а потоки электронов $\vec{j}_{e\phi}$ и отрицательно заряженных макрочастиц $\vec{j}_{d\phi}$ в противоположную сторону. Взаимодействие данных токов с постоянным радиальным магнитным полем \vec{B}_{r0} приводит к ускорению всего плазменного потока в аксиальном направлении. Техническая реализация этой идеи представлена на рис. 3(б) [5]. К тому же, такая конфигурация магнитного поля должна усилить обмен импульсом/энергией между макроскопическими степенями свободы потока из-за генерации собственного электрического поля внутри потока [7].

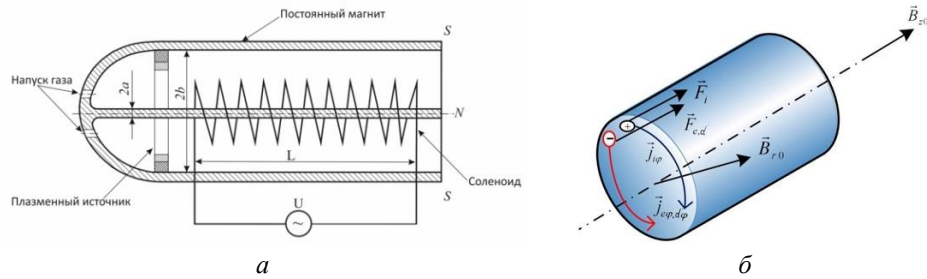


Рис. 3. Схема участка ускорения пылевой плазмы (а). Конструкция ускорителя (б).

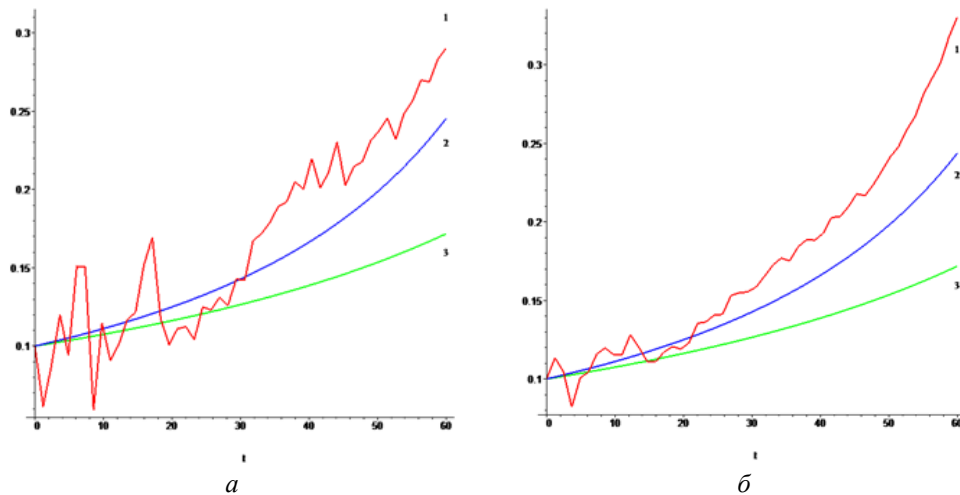


Рис. 4. Временные зависимости P_{z_e} (кривая 1), P_{z_i} (кривая 2) и P_{z_d} (кривая 3) для $A_e(0) = A_i(0) = -10^{-2}$, $A_d = -7 \times 10^{-3}$, $-C_e(0) = -C_d(0) = C_i(0) = 10^{-3}$, $D_e(0) = D_i(0) = D_d(0) = 10^{-1}$ в случае $B_{r0} = -1$ и $B_{z0} = -1$ (а) и в случае $B_{r0} = -1$ и $B_{z0} = -0.25t$ (б).

Чтобы показать принципиальную возможность захвата и ускорения макроскопических частиц из пылевой плазмы в схеме, изображенной на рис. 3(а), мы рассмотрим аксиально-симметричное течение потока аргоновой плазмы [6], в приближении холодной гидродинамики, используя точное частное решение [4]. В такой плазме присутствуют заряженные макроскопические аргоновые кластеры, имеющие массу $m_d = 10^3 m_p$, здесь m_p - масса протона, характерный размер кластера $a = 6 \times 10^{-7}$ см и величину отрицательного заряда $Z_d = 998e$. Для начальной плотности электронов, равной $n_{e0} = 10^{16}$ см⁻³, доля ионов и макрочастиц при $t = 0$ есть $\frac{n_{i0}}{n_{e0}} = 1,01$ и $\frac{n_{d0}}{n_{e0}} = 10^{-5}$ соответственно. Во всех представленных расчетах постоянное радиальное поле было направлено внутрь плазменного цилиндра, так что $B_{r0} = -1$. Начальные скорости электронов, ионов и макроскопических частиц принимали следующие значения: $A_e(0) = A_i(0) = -10^{-2}$ и $A_d = -7 \times 10^{-3}$, т.е. радиальные составляющие скорости были направлены внутрь плазменного цилиндра, $-C_e(0) = -C_d(0) = C_i(0) = 10^{-3}$, $D_e(0) = D_i(0) = D_d(0) = 10^{-1}$. Начальные значения собственного электрического поля принимались равными $\varepsilon_r(0) = 0$, $\varepsilon_\phi(0) = 0$

и $\varepsilon_z(0) = 0$, а начальное значение возмущенного аксиального магнитного поля - $B_z^*(0) = 0$.

На рис. 4(а) представлена зависимость аксиальных импульсов электронного D_e , ионного D_i потоков и потока макрочастиц D_d , когда $B_{r0} = -1$ и $B_{z0} = 1$, т.е. когда внешнее аксиальное поле постоянное на всем временном промежутке ускорения, а на рис. 4(б) представлены такие же зависимости для $B_{r0} = -1$ и $B_{z0} = -0,25t$, т.е. когда внешнее аксиальное магнитное поле является постоянно убывающей линейной функцией времени.

Также проводилось исследование зависимости аксиальной составляющей скорости компонент пылевой плазмы от направления радиальной составляющей скорости основного плазменного потока (электронной и ионной компонент). Так в расчетах принимались следующие значения для радиальных компонент скоростей: $A_e(0) = A_i(0) = 10^{-2}$ и $A_d = -7 \times 10^{-3}$, т.е. начальная радиальная составляющая скорости пылевой компоненты была все также направлена в центр цилиндра, а у электронной и ионной компонент плазменного потока направлены наружу. Величины начальных значений азимутальных и аксиальных были следующими: $-C_e(0) = -C_d(0) = C_i(0) = 10^{-3}$ и $D_e(0) = D_i(0) = D_d(0) = 10^{-1}$. Начальные значения собственного электрического поля принимались равными $\varepsilon_r(0) = 0$, $\varepsilon_\varphi(0) = 0$ и $\varepsilon_z(0) = 0$, а начальное значение возмущенного аксиального магнитного поля - $B_z^*(0) = 0$. В результате были получены зависимости аксиальных импульсов электронов, ионов и макрочастиц (см. рис. 5).

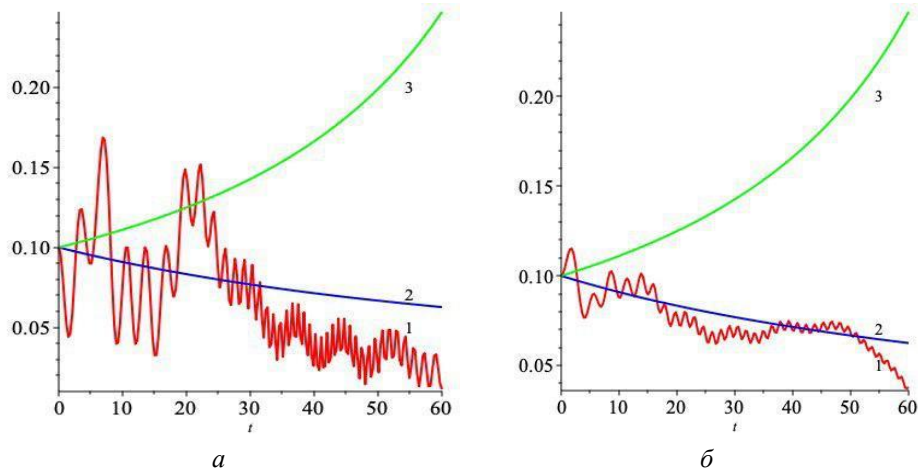


Рис. 5. Временные зависимости P_{ze} (кривая 1), P_{zi} (кривая 2) и P_{zd} (кривая 3) для $A_e(0) = A_i(0) = -10^{-2}$, $A_d = -7 \times 10^{-3}$, $-C_e(0) = -C_d(0) = C_i(0) = 10^{-3}$, $D_e(0) = D_i(0) = D_d(0) = 10^{-1}$ в случае $B_{r0} = -1$ и $B_{z0} = -1$ (а) и в случае $B_{r0} = -1$ и $B_{z0} = -0.25t$ (б).

Существуют различные варианты динамики ускорения макроскопических частиц: в случае, изображенном на рис. 4, все компоненты пылевой плазмы будут ускоряться, а в варианте, приведенном на рис. 5, будут ускоряться только массивные многозарядные частицы. При этом величина аксиального импульса пылевых частиц в случае с замедлением электронной и ионной компонент превышает аналогичное значение при одновременном ускорении всех трех компонент, но наиболее сильное влияние на темп ускорения макрочастиц оказывает радиальная компонента скорости.

Таким образом, в рамках упрощенной модели холодного потока пылевой плазмы для схемы ускорения, изображенной на рис. 3, нам удалось продемонстрировать возможность захвата макроскопических заряженных частиц с последующим их ускорением. Также стоит отметить, что результаты по совместному ускорению зарядов разной массы и знаков в рассматриваемой схеме наводят на мысль о возможности ускорения макромолекул с огромными дипольными моментами, что было бы

интересно с точки зрения воздействия на структуру сложных полимерных материалов.

Работа поддержана Министерством науки и высшего образования Российской Федерации (№ 14.575.21.0169 (RFMEFI57517X0169) и Российским научным фондом (№15-19-00151).

Список литературы:

1. Karimov A.R. Using Interplanetary Medium as Propellant for Plasma Thruster Propulsion / Karimov A.R., Yakovlev O.V., Murad P.A. // arXiv:1808.03334 [physics.plasm-ph], preprint submitted to Acta Astronautica.
2. Pawlowski L. The Science and Engineering of Thermal Spray Coatings. New York: Wiley, 1995.
3. Скворцов В.В. Аэродинамические исследования при участии потоков синтезированной и низкотемпературной плазмы. Москва: Физматлит, 2013.
4. Karimov A.R. Acceleration of Rotating Plasma Flow in Crossed Magnetic Fields / Karimov A.R., Murad P.A. // IEEE TPS. 2017. V. 45. P. 1710.
5. Karimov A.R. Plasma Thruster Using Momentum Exchange in Crossed Magnetic Fields / Karimov A.R., Murad P.A. // IEEE TPS. 2018. V. 46. P. 882.
6. Karimov A.R. Acceleration of Macroscopic Clusters in Crossed Magnetic Fields / Karimov A.R., Terekhov S.A., Shikanov A.E., Murad P.A. // IEEE TPS. 2019. V. 47. P. 1520.
7. Karimov A.R. Asymmetric Oscillatory Expansion of a Cylindrical Plasma / Karimov A.R., Yu M.Y., Stenflo L. // J. Plasma Phys. 2013. V. 79. P. 1007.

ABOUT THE POSSIBILITY OF CREATING AN ELECTRODYNAMIC SPACE DEBRIS COLLECTION SYSTEM

**A.R. Karimov^{1,2}, A.V. Ilyinskiy³, S.A. Terekhov¹, A.Y. Kusnetsov⁴,
V.K. Baev¹, K.I. Kozlowskii¹, A.E. Shikanov¹, E.A. Shikanov⁵**

¹*National Research Nuclear University MEPHI, Moscow, 111409, Russia,
e-mail: aeshikanov14@mail.ru*

²*Joint Institute for High Temperatures, Russian Academy of Sciences,
Moscow, 127412, Russia, e-mail: ARKarimov@mephi.ru*

³*Institute of Geophysical and Radiation Technology of IA SHS,
Moscow, 129345, Russia, e-mail: andry49@yandex.ru*

⁵*LLC «Spetsavtoinzhiniring», Moscow, Russia, e-mail: eshikanov@mail.ru*

Abstract

The acceleration of rotating plasma flow, consisting of electrons, protons and heavy multiply charged negative dust particles in crossed magnetic fields produced momentum transfer between the macroscopic degrees of freedom for a plasma flow was investigated. The analysis shows that these dust particles have been trapped and then accelerated in the main plasma flow in axial direction. Results suggests that such complex plasma flow produced, for example, from cosmic dust medium may be used as a propellant and a work body for plasma thrusters or this mechanism can be used as a space debris collection system.

ОЦЕНКА НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ВОДНЫЕ БИРЕСУРСЫ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РАБОТ В РУСЛЕ РЕКИ ПШЕХА

Г.И. Карнаухов

*Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»),
г. Краснодар, 350000, Россия, e-mail: gik23@mail.ru*

В основу работы положены натуральные исследования, проведённые в р. Пшеха при проведении капитального ремонта газопровода «Самурская-Лазаревское», расположенного на территории Апшеронского района и Сочинского национального парка Краснодарского края.

В ходе проведения капитального ремонта газопровода в зону негативного воздействия попадала р. Пшеха, русло которой пересекалось дважды. Были предусмотрены подземный и надземный переходы через реку.

Река Пшеха протекает по территории Республики Адыгея и Краснодарского края и является левым притоком р. Белая. Берет начало на северном склоне горы Фишта на высоте 1950 м. Далее протекает по Апшеронскому и Белореченскому районам Краснодарского края и в 3 км от города Белореченск впадает слева в р. Белая. Длина реки составляет около 160,0 км, площадь водосбора 2090 м², средняя высота водосбора 660 м, средний уклон не превышает 13,1 %, густота речной сети - 1,54 км/км². Средняя ширина реки колеблется от 42,0 м до 50,0 м [1]. Питание реки смешанное, состоит из атмосферных осадков (снег, дождь), ледников и грунтовых вод.

Воды р. Пшеха характеризуются благоприятным кислородным режимом. Содержание кислорода варьирует от 9,5 до 11,5 мг О₂/л. Вода имеет слабощелочной характер, рН колеблется в пределах 7,5-8,5 единиц.

В русле реки преобладает галечниковый грунт (21,23%), гравийно-галечный грунт составляет 12,24%, песчаный наполнитель с крупностью частиц >0,25 мм – до 3,86 %. Средний диаметр русловых отложений – d_{50%} < 20 мм [2].

Река Пшеха относится к водным объектам высшей (особой) рыбохозяйственной категории [3, 4]. Видовой состав ихтиофауны разнообразен и насчитывает около 23 видов и подвидов рыб, относящихся к шести семействам. Ниже представлена систематическая структура ихтиофауны р. Пшеха.

Семейство Лососевые (*Salmonidae*)

Ручьевая форель (*Salmo trutta labrax*, Pallas, 1814)

Семейство Карповые (*Cyprinidae*)

Сазан (*Cyprinus carpio*, Linnaeus, 1758)

Плотва (*Rutilus rutilus*, Linnaeus, 1758)

Гольян (*Phoxinus phoxinus*, Linnaeus, 1758)

Густера (*Blicca bjoerkna*, Linnaeus, 1758)

Русская быстрянка (*Alburnoides rossicus*, Berg, 1924)

Серебряный карась (*Carassius gibelio*, Bloch, 1782)

Верховка (*Leucaspis delineatus*, Heckel, 1843)

Уклея (*Alburnus alburnus*, Linnaeus, 1758)

Кубанский подуст (*Chondrostoma kubanicum*, Berg, 1914)

Кубанский усач (*Barbus tauricus kubanicus*, Kessler, 1877)

Кавказский голавль (*Leuciscus cephalus orientalis*, Nordmann, 1840)

Рыбец малый (*Vimba vimba tenella*, Nordmann, 1840)

Обыкновенный гольян (*Phoxinus phoxinus*, Linnaeus, 1758)

Пескарь (*Gobio gobio*, Linnaeus, 1758)

Лещ (*Abramis brama*, Linnaeus, 1758)

Семейство Вьюновые (*Cobitidae*)

Обыкновенная щиповка (*Cobitis taenia*, Linnaeus, 1758)

Семейство Окуневые (*Percidae*)

Судак (*Sander lucioperca*, Linnaeus, 1758)

Окунь (*Perca fluviatilis*, Linnaeus, 1758)

Ёрш (*Gymnocephalus cernua*, Linnaeus, 1758)

Семейство Бычковые (*Gobiidae*)

Бычок-кругляк (*Neogobius melanostomus*, Pallas, 1814)

Кавказский речной бычок (*Neogobius fluviatilis*, Pallas, 1814)

Семейство Колюшковые (*Gasterosteidae*)

Малая южная колюшка (*Pungitius platygaster platygaster*, Kessler, 1859)

Современная структура ихтиоценоза р. Пшеха характеризуется доминированием быстрянки, пескаря и голяна. Многолетняя динамика этого показателя проявляется в выпадении из состава доминатов ручьевой форели, голавля, усача и подуста.

Все обитающие виды (подвиды) рыб в р. Пшеха, за исключением ручьевой форели, нагульных и зимовальных миграций не совершают. Миграции совершаются короткие, для выбора мест размножения и нагула.

Исследования показали, что по характеру нереста основная масса обитающих видов относятся к весенне-летненерестующим рыбам. Сроки нереста зависят от гидрологической обстановки в реке, температуре воды, погодных условий. Исключение составляет ручьевая форель, нерест которой проходит в осенне-зимний период (октябрь-январь).

Средняя рыбопродуктивность р. Пшеха на участке от ст. Ширванская до с. Черниговское не превышает 3,1 кг/га.

В ходе исследований было установлено, что в реке рыба питается животной, растительной и смешанной (детрит и перифитон) пищей. Наиболее широкими спектрами питания характеризуются пескарь, быстрянка и голян, а наиболее узкие – у бычков, голавля и подуста.

Фитопланктон является основным продуцентом органического вещества и одним из главных источников жизни животных в водо`мах. В р. Пшеха фитопланктон довольно богат в видовом отношении. Это обуславливается температурным фоном и наличием минеральных веществ в водной толще. Основу фитопланктона составляют диатомовые и пиропитовые водоросли. Из диатомовых водорослей чаще других встречались *Diatoma elongate*, *Synedra vaucheria*, *S. uina*, *Tabellaria sp.*, *Eunotia robusta*, *E. arcus* и др., пиропитовых - *Peridinium sp.* В развитии диатомовых водорослей прослеживается довольно четкая тенденция к увеличению биомасс с понижением температуры воды. Максимум развития альгофлоры сдвинут к середине лета, осенняя депрессия сглажена. Средняя биомасса фитопланктона не превышает 0,73 г/м³.

Зоопланктон представляет собой сложную совокупность составляющих его видов. Представлено оно облигатно-планктическими формами, весь активный период жизненного цикла которых проходит в толще воды, а также временными компонентами.

Вследствие ледникового питания р. Пшеха максимум развития зоопланктона отмечается не весной, а летом, в период наибольшего прогрева воды (биомасса 0,75 г/м³). Основу зоопланктона в начале лета составляют мелкие планктонные черви. Летом в пробах из коловраток были обнаружены только *Brachionus*. Веслоногие (*Copepoda*) представлены в основном науплиальными и мелкими формами на ранних стадиях метаморфоза. Основу биомассы зоопланктонных организмов составляли крупные формы веслоногих. Развитие ветвистоусых наблюдается в конце лета при

хорошем прогреве воды. Отряд *Cladocera* был представлен в основном *Bosminopsis deitersis* и эврибионтными видами *Chydorus sphaericus* и *Moina brachiata*. В незначительном количестве из прочих организмов обнаружены планктобентические мизиды и планктонные личинки комаров.

Таким образом, зоопланктон носит копепоодно-кладоцерный характер. В целом концентрация зоопланктона на участке проведения работ составляла около 18,8 тыс. экз./м³ при биомассе – 0,32 г/м³.

Зообентос в основном формировали представители амфибиотических насекомых, находящихся на личиночных и предимагинальных стадиях развития.

Исследованиями установлено, что в вегетационный период зообентос р. Пшеха был представлен 28 таксономическими группами, включающими плоских, круглых, кольчатых червей и членистоногих. Его состав был представлен следующими родами: *Amphipoda*, *Caenis*, *Cardiocladius*, *Cheumatopsyche*, *Coleoptera*, *Decapoda*, *Diptera*, *Drusus*, *Hydroptila*, *Ecdyonurus*, *Ephemeroptera*, *Turbellaria*, *Nematoda*, *Hydropsyche*, *Oligochaeta*, *Hydrocarina*, *Odonatoptera*, *Plecoptera*, *Plectrocnemia*, *Rhyacophila*, *Psychomyia*, *Wormaldia*.

Разнообразие зообентоса формировались в основном амфибиотическими насекомыми – ручейниками, двукрылыми и поденками. Спецификой зообентосного сообщества реки является полное отсутствие в ней моллюсков, а также низкое видовое разнообразие личинок веснянок, стрекоз и жуков.

Бентос в основном представлен животными-реофилами, обитающими на песчано-галечных грунтах, в зонах быстрого течения. Для структуры зообентосных сообществ р. Пшеха характерно доминирование по количеству двукрылых, по биомассе – ручейников.

Основу биомассы донного сообщества, которая изменялась в летние месяцы от 1,3 г/м² до 4,0 г/м², составляют представители класса *Insecta*, на долю которых приходится от 30 до 95% биомассы. Насекомые представлены нимфами поденок *Polymitarsis virgo*, двумя видами веснянок *Perla* sp. и *Perloides nuberculata* и двумя видами ручейников *Hidropsyche pellucidata*, *H. angustipennis*. Значение этих видов организмов исключительно велико. Вовремя массового вылета насекомых, в июле-августе рыба испытывает дефицит пищи и вынуждена совершать протяженные миграции в поисках более кормных участков.

Ракообразные были представлены незначительным количеством особей из родов *Gammarus*, *Aselus*.

В меньшем количестве в бентосных пробах представлено сем. *Tendipedidae*. Мелкие личинки *Orthocladium* sp. и *Tanytarsis* sp. составляют незначительную часть по биомассе, до 10,0%. Вместе с тем присутствие этих организмов в пробах свидетельствует о чистоте донных отложений. Средняя биомасса донных организмов составляет 2,61 г/м².

Исследования проводились с целью определить воздействие работ по капитальному ремонту газопровода на состояние водных биологических ресурсов и среду их обитания, а также разработать рекомендации по мероприятиям, направленным на снижение негативного воздействия на биоценоз р. Пшеха.

Для выполнения подземного перехода газопровода через р. Пшеха предусматривалась монтажная площадка на левом берегу реки, а также на обоих берегах вблизи переходов были предусмотрены временные причалы. Работы выполнялись в сезон наименьшего уровня воды в реке. Разработка траншеи выполнялась при помощи одноковшового экскаватора с обратной лопатой, движущегося по дну реки. Разрабатываемый экскаватором грунт вывозился автосамосвалами. Складирование грунта выполнялось во временной полосе отвода на берегу. Площадь временного отвода рыбохозяйственных угодий составила 1150 м².

При надземном переходе в русле реки работал трубоукладчик. Труба

укладывалась на существующие опоры. Площадь временного отвода под трубоукладчик составила 98 м².

Устройство временных причалов на р. Пшеха включала забивку 8-ми анкерных свай длиной 10,5 на один причал. Забивка свай выполнялась копровой установкой СП-49 на базе трактора Т-170.

При проведении капитального ремонта газопровода «Самурская-Лазаревское» отрицательное воздействие на водные биоресурсы р. Пшеха оказывалось за счёт временного отторжения площадей рыбохозяйственных угодий и создании значительных шлейфов мутности воды. Значительное увеличение взвеси в воде оказывает негативное воздействие на большинство гидробионтов.

Объём воды под зоной дополнительной мутности определялся как произведение площади шлейфа дополнительной взвеси на глубину водотока (1,0 м) и составил 7,2 тыс. м³. Временные потери рыбопродуктивности от гибели кормовой базы (фитопланктон, зоопланктон) в зоне повышенной мутности воды составили 3,0 кг.

Потери водных биоресурсов от снижения продуктивности бентоса при разработке грунта в русле р. Пшеха составили 10,1 кг.

Гибель водных биоресурсов на площади негативного временного воздействия с учётом длительности и времени восстановления биоценоза не превысила 5,9 кг.

Ущерб водным биоресурсам от работы копровой установки СП-49 будет складываться только от потерь зоопланктона, зообентос и фитопланктон не испытывает негативного воздействия виброудара. При работе копровой установки основное значение имеет амплитуда первой волны давления, длительность импульса и его частотные характеристики. Критическим давлением для планктонных организмов является быстрый рост давления на величину, превышающую 3 бара. Смертность планктонных организмов в этой зоне может достигать величины 80-100 % [5, 6]. Потери от гибели зоопланктона от виброудара составили 10,2 кг.

Суммарный ущерб в ходе капитального ремонта газопровода при переходах через р. Пшеха от снижения продуктивности фитопланктона, бентоса и зоопланктона составили 29,2 кг.

В соответствии с п. 57 «Методики исчисления размеров вреда...» [7] рекомендовано проведение восстановительных мероприятий в бассейне р. Пшеха. В качестве компенсационных мероприятий предложено осуществить выпуск рыбоводной продукции – молоди ручьевой форели средней навеской 3,0 г в количестве 23,1 тыс. штук.

В заключении необходимо отметить, что проведённые работы по капитальному ремонту газопровода «Самурская-Дагомыс» ухудшило водно-экологическую обстановку р. Пшеха в места перехода газопровода через русло водотока. Прежде всего, это сказалось на продуктивности кормовых компонентов. Проведённая оценка негативного воздействия на водных биоресурсы позволила спрогнозировать затраты на проведение компенсационных мероприятий и минимизировать нанесённый ущерб путём выпуска молоди ручьевой форели.

Список литературы:

1. Лотышев И. П. География Кубани // Энциклопедический словарь. Майкоп, 2006. - 124 с.
2. Сафронов И. Н. История развития речных долин и перестройка речной сети Северного Кавказа и Предкавказья // История развития речных долин и проблемы мелиорации земель. Новосибирск, 1979. - 124 с.
3. ГОСТ 17.1.2.04-77 «Правила состояния и таксации рыбохозяйственных водных объектов».
4. Приказ Федерального агентства по рыболовству от 17 сентября 2009 г. № 818 «Об установлении категорий водных объектов рыбохозяйственного значения и

особенностей добычи (вылова) водных биологических ресурсов, обитающих в них и отнесенных к объектам рыболовства»

5. Векилов Э.Х. Влияние на гидробионты упругих волн от сейсмоисточников для морской геофизической разведки / Е.А. Криксунов, Ю.М. Полонский // Информационно-справочное пособие. - М., 1995. — 64 с.
6. Немчинова, И. А. Сейсморазведка, ее влияние на морскую биоту и исходные данные для оценки воздействия пневмоисточников на зоопланктон // Труды СахНИРО. - 2007. - Т. 9. - С. 223–239.
7. Методика исчисления размера вреда, причинённого водным биологическим ресурсам, утв. Федеральным агентством по рыболовству Приказом №1166 от 25.11.2011 гю, зарег. В Минюсте 05.03.2012 г., №23404.

**ASSESSMENT OF NEGATIVE IMPACT ON WATER BIORESURSE
WHEN CARRYING OUT WORKS IN THE RIVER BED**

G. I. Karnaukhov

*Azov-Black sea branch of "VNIRO" ("Azniirkh"), Krasnodar, 350000, Russia,
e-mail: gik23@mail.ru*

Abstract

The study is based on natural studies conducted in the river Pshékha with the overhaul of the gas pipeline «Samurskaya-Lazarevskoye». The assessment of negative impact on water bioresources is given, costs of carrying out compensatory actions are predicted and the caused damage by release of juvenile brook trout is minimized.

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ В ЗОНАХ РАДИАЦИОННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Н.П. Карпенко

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, 127550, Россия,
e-mail: npkarpenko@yandex.ru*

Основным принципом, обеспечивающим радиэкологическую безопасность населения, проживающих в зоне радиационного загрязнения, является система радиэкологических требований в вопросах технической эксплуатации и ведения сельского хозяйства на орошаемых землях. Оценка радиэкологической ситуации на орошаемых землях определяется исходя из следующих критериев [1].

– содержание радионуклидов в продукции растениеводства, а также в мясе и молоке сельскохозяйственных животных, потребляющих корма с орошаемого массива, не должны превышать предельно-допустимых концентраций (ПДК), установленных нормативными документами;

– недопущение загрязнения грунтовых вод радиоактивными веществами в концентрациях выше ПДК для питьевой воды по конкретному радионуклиду;

– недопущение сброса в водоприемники поверхностных и коллекторно-дренажных вод с концентрацией основных радионуклидов выше ПДК по самому чувствительному к этому веществу водопотребителю;

– недопущение наполнения внутрисистемных водохранилищ, прудов и других водных объектов, расположенных в зоне действия оросительной системы, предназначенных для других целей кроме орошения (рекреация, рыболовство, резервные емкости для технических целей и т.п.) водой оросительных систем с концентрацией радиоактивных веществ выше ПДК человека;

– недопущение складирования в карьеры илов водоемов и водотоков оросительных систем, загрязненных радиоактивными веществами выше ПДК для данного радионуклида;

– недопущение загрязнения чистых почв радионуклидами, находящимися в оросительной воде в концентрации выше ПДК для данных сельхозкультур.

Для осуществления рациональной эксплуатации оросительных систем в условиях радиоактивного загрязнения должны быть предусмотрены специальные меры контроля, включающие:

– режимную сеть наблюдения, предусматривающую контрольные точки отбора проб, соответствующую радиометрическую аппаратуру, средства передвижения и дезактивационные средства.

– нормативно-методическую базу, позволяющую прогнозировать развитие радиэкологической ситуации на рассматриваемом оросительном массиве.

– автоматизированные средства приема и передачи информации от орошаемого объекта к лицу, принимающему решения.

– координацию служб эксплуатации оросительных систем с агрохимической и радиэкологической службами исследуемого региона.

Радиэкологическая обстановка определяется на основе сравнения реальной ситуации, оцениваемой по характерным показателям радиоактивного загрязнения природной среды и их допустимыми значениями, определяемыми санитарными и биологическими нормами.

Основными показателями, оценивающими радиэкологическую ситуацию на орошаемом массиве, являются:

- плотность загрязнения орошаемых земель по стронцию-90 и цезию-137,134 (Ки/км²);
- мощность дозы гамма-излучения на местности мкР/ч;
- концентрация радионуклидов (стронций-90, цезий-137,134) в воде водотоков и водоемов оросительных систем (Ки/л);
- удельная активность донных отложений магистральной и поводящей сети каналов оросительных систем и водоемов, расположенных в зоне действия орошаемого массива (Ки/кг);
- содержание радионуклидов стронция-90 и цезия-137,134 в донных отложениях (Ки/кг);
- объемная бетта-активность (Ки/кг);
- сельскохозяйственная растительность.

Определению подлежат радионуклиды цезия-137, цезия-134 и стронция-90, Ки/кг. При ведении радиомониторинга на орошаемых землях, подверженных радиоактивному загрязнению, необходимы данные по фоновым значениям естественной радиоактивности отдельных объектов контроля. Целью радиоэкологического мониторинга на орошаемых землях является непрерывный (или периодический) контроль за радиационной обстановкой в зоне действия оросительных систем во всех компонентах природной среды (вода, почва, донные отложения, сельхозпродукция, мелиоративная техника, гидротехнические сооружения и т.п.) и на основе оценки полученной текущей информации, составление краткосрочного, среднесрочного и долгосрочного прогнозов радиоэкологической обстановки на исследуемом объекте [2].

Основными задачами радиомониторинга орошаемых земель являются:

1. Систематическое наблюдение за уровнем радиоактивного загрязнения оросительных, коллекторно-дренажных и грунтовых вод, орошаемых почв и выходной сельхозпродукции, получаемой на землях, подверженных радиоактивному воздействию.
2. Оценка уровней и масштабов радиоактивного загрязнения природных и сельскохозяйственных компонентов орошаемых земель.
3. Выявление приоритетности изотопов в составе загрязнения указанных выше компонентов.
4. Прогноз изменения радиационной обстановки и оценка последствий загрязнения элементов орошаемого массива.
5. Сбор, обобщение и передача информации лицу, принимающему решения.

Основные принципы оценки радиоэкологической ситуации на орошаемом массиве принимаются с учетом специфических особенностей физико-химических свойств радионуклидов, свойств почв, биологических особенностей растений и агроклиматических условий. Основу радиационного мониторинга на орошаемых землях составляет периодический контроль в соответствии с регламентом, определяющим его (контроля) периодичность в зависимости от объекта контроля, использование расчетных методов для оценки радиационной обстановки на орошаемом массиве с учетом специфики миграции радионуклидов по трофической цепочке до человека, создание специализированных служб радиационного контроля из работников эксплуатационных организаций оросительных систем и агрохимической службы, обслуживающих орошаемый массив и разработка средств информационного обеспечения передачи текущей информации лицу (лицам), принимающим решения и всем заинтересованным ведомствам. Исходя из сформулированной цели и задач радиомониторинга на орошаемых землях, рекомендуется следующая последовательность ведения мониторинга:

– оценка радиоактивной загрязненности почвы и воды на орошаемом массиве по перечисленным выше показателям;

–на основе полученных данных с учетом почвенно-климатических условий прогнозируется радиационная ситуация на орошаемом массиве и в зоне его влияния;

–при неблагоприятной радиационной ситуации разрабатываются мероприятия по снижению радиационного воздействия на человека и среду его обитания до допустимых пределов, или, более жестких мер (ограничение потребления определенной сельскохозяйственной продукции, использование резервных источников водоснабжения, прекращение сельскохозяйственного производства или отселение людей с пораженного массива).

Объектами контроля при ведении радиомониторинга являются:

- орошаемые массивы, расположенные в зоне радиационного загрязнения, обусловленного аварией на ЧАЭС или другими аварийными ситуациями, произошедшими в предшествующий и последующий периоды на радиационно-опасных объектах;

- орошаемые системы, расположенные в зоне возможного радиоактивного воздействия радиационно-опасных объектов, работающих в настоящее время в плановом эксплуатационном штатном режиме.

В зонах установленного радиоактивного загрязнения контролируется внешнее излучение, влияющее на здоровье человека, вода оросительных каналов, вода коллекторно-сбросной и дренажной сети, грунтовые воды, орошаемая почва по профилю корнеобитаемого слоя и выходная сельхозпродукция, получаемая с орошаемого объекта. Кроме того, является обязательным контроль уровня загрязнения донных отложений водоемов и водотоков, расположенных в пределах орошаемого массива. В зонах возможного радиоактивного загрязнения при аварийных ситуациях на радиационно-опасных объектах проведение радиомониторинга на оросительных системах зависит от масштаба аварии. Для этого можно использовать существующие классификации аварий на АЭС, из которых мы приняли две, дополняющие друг друга. Оросительные системы, распространенные в зоне возможного радиоактивного воздействия в случае аварийной ситуации на радиационно-опасном объекте следует классифицировать и выделять репрезентативные системы, на которых должен осуществляться радиоэкологический мониторинг [3].

При введении радиоэкологического мониторинга в зоне воздействия радиационно-опасных объектов, работающих в штатном режиме (реализуются нормализованные сбросы и выбросы радионуклидов в атмосферу и водную среду) основными задачами являются:

- определение естественного радиоактивного фона на репрезентативных оросительных системах.

- при превышении фоновых значений необходимо определить уровень радиоактивного загрязнения почвы, воды, гидротехнических сооружений (донные отложения, водоросли, вода отстойников и т.п.).

- определение концентрации отдельных радионуклидов в сбросных и коллекторно-дренажных водах.

- определение концентрации радионуклидов в грунтовых водах (при их высоком уровне стояния);

- оценка качества питьевой воды (по радиоактивному загрязнению) при децентрализованном водоснабжении;

- оценка содержания значимых радионуклидов в продукции растениеводства на орошаемом массиве.

При ведении агроэкологического мониторинга оросительных систем устанавливаются правила выбора мест отбора проб воды, почвы, растительности, донных отложений на оросительно-обводнительных системах. Радиационный мониторинг качества воды проводится на стационарной сети пунктов радиационного контроля. На наблюдаемом орошаемом участке пробы почв отбираются в точках контроля, опре-

деляемых для различных доз гамма-излучения, строго привязанных на местности при помощи стандартных реперов. Пробы отбирают методом конверта и составляют смешанный образец из пяти индивидуальных проб. Индивидуальные пробы отбирают путем срезания лопатой грунта на глубину пахотного горизонта (20-25 см). Рекомендуются следующие нормативы при отборе одного смешанного образца по схеме конверта (табл. 1).

Таблица 1

Максимальная площадь отбора образцов при различной плотности загрязнения

Плотность загрязнения, Ки/км ²	Максимальная площадь отбора одного смешанного образца
< 1	5 образцов на район
1...5	1 образец на хозяйство
5...15	400 га
15...40	100 га
> 40	40...50 га

Порядок ведения радиоэкологического мониторинга на оросительных системах следующий.

1. Периодичность ведения радиационного мониторинга на оросительных системах зависит от экологической обстановки данного региона.

2. При нормальной радиоэкологической обстановке измерение фоновой радиактивности, отбор проб воды и донных отложений на пунктах контроля проводится в начале, середине и конце вегетационного периода. В случае регулярных радиационных съемок в течение двух-трех лет, не выявивших нарушений радиационной обстановки, допускается проводить одноразовый контроль в течение вегетационного периода.

3. Радиационный контроль на оросительных системах и водохозяйственных объектах проводится по полной или сокращенной программам в зависимости от режимов эксплуатации этих объектов и складывающейся радиационной обстановки.

4. Полная программа предусматривает систематические измерения радиационного фона на изучаемом объекте и отбор проб воды и донных отложений для последующих измерений в лабораторных условиях. Полная программа предусматривает проведение измерений по таким показателям, как измерение гамма-объемной или удельной бета-активности воды, донных отложений, почвы и растительности и определение их радионуклидного состава.

5. По сокращенной программе на пунктах контроля проводятся измерения гамма-фона, отбор проб на бета-активность и радионуклидный состав измеренных объектов.

Исследования показали, что на загрязненных радионуклидами после аварии на ЧАЭС оросительных системах количество обследований и измерений, их периодичность значительно выше, чем при обычном радиомониторинге [4]. В соответствии с основными задачами радиоэкологического мониторинга на орошаемых землях и оросительных системах рекомендуется определенный перечень технической аппаратуры и оборудования [5].

Список литературы:

1. Алексахин Р.М. Радиоэкология орошаемого земледелия. – М.: Энергоатомиздат. – 1985. – 224 с.
2. Алексахин Р.М., Васильев А.В., Дикарев В.А. Сельскохозяйственная радиоэкология – М.: Экология. – 1992. – 400 с.

3. Булдаков Л.А. Радиоактивные вещества и человек. – М.: Атомиздат. – 1990. – 160 с.
4. Гофман Д. Чернобыльская авария: радиационные последствия для настоящего и будущих поколений. – Минск. – 1994. – 574 с.
5. Манукьян Д.А., Карпенко Н.П. Теория и методология ведения мониторинга техноприродных систем. – Монография. М.: МГУП. – 2009. – 307 с.

**AGROECOLOGICAL MONITORING OF IRRIGATED LANDS IN AREAS
OF RADIATION CONTAMINATION**

N.P. Karpenko

Federal state budgetary educational institution of higher professional education

«Russian state agrarian University-MTAA named after K.A. Timiryazev»,

Moscow, 127550, Russia, e-mail: npkarpenko@yandex.ru

Abstract

The main tasks and principles of formation, organization and maintenance of agroecological monitoring of irrigated lands in the areas of radiation pollution are considered. The main indicators that assess the radioecological situation in the irrigated area are considered. The basic principles of assessment of the radioecological situation in the irrigated area are taken into account the specific features of the physical and chemical properties of radionuclides, soil properties, biological characteristics of plants and agro-climatic conditions.

УДК 591.61

ПОДХОДЫ К УСТОЙЧИВОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ РЕСУРСОВ ФАУНЫ УЗБЕКИСТАНА

Р.Д. Кашкаров^{1,2}

¹Институт зоологии АН РУз, Ташкент, 100053, Республика Узбекистан

²Республиканское ННО «Общество охраны птиц Узбекистана»,
e-mail: roman.kashkarov@iba.uz

На современном этапе развития общества большая часть естественных экосистем подвергается сильнейшему антропогенному воздействию. Остановить этот процесс невозможно, как невозможно остановить процесс развития общества. Расположенный в центре Средней Азии Узбекистан является самой густонаселенной страной региона - 32,9 млн. человек. Экономика основана на орошаемом земледелии, 90% водных ресурсов Узбекистана берут начало из водных источников, расположенных за пределами его границ. Это лишь одна из трансграничных проблем, имеющих стратегическое значение в плане сохранения экосистем.

Географическое положение Узбекистана на стыке нескольких биогеографических районов при общей площади в 448 844 км², обуславливает большое разнообразие и древность фауны. Герпетофауна Узбекистана включает 68 видов, в том числе 15 из них относятся к категории редких и угрожаемых; орнитофауна - соответственно 467 и 69; териофауна - 107 и 30.

Учитывая взаимосвязь компонентов живой и неживой природы, устойчивое использование биоресурсов, и в первую очередь - объектов фауны, является одним из условий обеспечения экологической безопасности населения и дальнейшего социально-экономического развития страны. Для выполнения этой стратегической задачи в международной природоохранной практике существуют два направления: 1 – сохранение территорий; 2 - сохранение видов.

1. Территориальная охрана

Является традиционной основой (следует признать - наиболее действенной) для сохранения и устойчивого использования природной среды и биоресурсов. Сеть государственных охраняемых природных территорий (ОПТ) Узбекистана включает 7 заповедников, 1 комплексный (ландшафтный) заказник, 2 биосферных резервата, 3 национальных природных парка, 10 памятников природы, 12 заказников, 1 специализированный питомник «Джейран». Их совокупная площадь составляет 2 079 200 га. Еще около 11 млн. га занимают лесхозы и лесохозяйственные хозяйства.

Однако строгая охрана и территориальные Планы управления существуют только в государственных заповедниках, в специализированном питомнике «Джейран», частично - в 2 государственных национальных парках и 1 биосферном резервате. Совокупная площадь этих ОПТ составляет 721 838 га, или 1,79% площади Республики. Этот показатель более чем в 5 раз ниже намеченного Национальной Стратегией и Планом Действий по сохранению биологического разнообразия [1].

Дальнейшее расширение сети охраняемых территорий путем изъятия земель из хозяйственного оборота в Узбекистане невозможно. Выходом из этой ситуации является совершенствование существующих и разработка новых подходов к сохранению и устойчивому использованию частично охраняемых и неохраняемых природных территорий.

Узбекистан является стороной Конвенций «О биологическом разнообразии» (КБР), «О водно-болотных угодьях, имеющих международное значение, особенно как места обитания водоплавающих птиц» (Рамсар), «Об охране мигрирующих видов животных» (СМС), и участником ряда глобальных и региональных инициатив.

Он имеет на своей территории значительное количество международно-значимых участков для сохранения биоразнообразия. В списке Рамсарских угодий - озеро Денгизкуль (2001) и система озер Айдар-Арнасай (2008). В 2007 году сертификат CMS получила водно-болотная территория «Термез» в пойме реки Амударья. В 2005-2011 гг. в стране была идентифицирована международная сеть ИВА (Важнейшие орнитологические территории). Она покрывает практически весь Узбекистан и состоит из 52 участков общей площадью 2 462 782 га [2]. Логическим продолжением развития программы ИВА является Глобальный стандарт Международного союза охраны природы по ключевым районам биоразнообразия (КВА). В 2016 году, по предложению Фонда сотрудничества для сохранения экосистем в критическом состоянии (СЕРФ), группа экспертов Узбекистана под руководством автора данной статьи подготовила описание 36 КВА общей площадью 2 683 000 га [3].

Более 60% ИВА/КВА/Рамсарских и других участков не имеют строгого режима охраны. Для этих территорий отсутствуют Планы Управления не только в Узбекистане, но и в других государствах Центральной Азии. Но именно они наиболее перспективны в плане развития устойчивого использования их биоресурсов, а следовательно, и расширения сети ОПТ страны.

Как показывает мировая природоохранная практика, поддержание природной ценности и устойчивое использование ресурсов дает наилучшие результаты, если в этом заинтересованы и активно участвуют местные природопользователи. В 2012 году автором данной статьи была подготовлена проектная заявка «Разработка механизмов сохранения и устойчивого использования биоразнообразия основных экосистем Узбекистана», которую профинансировал Комитет по координации развития науки и технологий при Кабинете Министров Республики Узбекистан. Проект выполнялся сотрудниками 3 университетов и официальным представителем BirdLife International в Узбекистане - Обществом охраны птиц Узбекистана (UzSPB), при поддержке Государственного комитета по экологии и охране окружающей среды и Государственного комитета лесного хозяйства. Консультативно-методическую поддержку от лица BirdLife International оказывал международный партнер - Королевское общество защиты птиц Великобритании (RSPB).

Природные территории Узбекистана достаточно разнообразны и представлены 4 основными типами: горы, равнины и пустыни, тугаи и водно-болотные угодья. Для каждого из перечисленных ландшафтов исторически сложился свой тип хозяйственной деятельности, а следовательно, и угрозы биоразнообразию. Исходя из этого, для проектных действий были выбраны 3 модельных участка с разными ландшафтами.

На 1-ом участке - Озеро Аякагитма и прилегающая пустыня Кызылкум – в полной мере представлены пустынный и водно-болотный комплексы с богатой фауной, включающей редкие пустынные и водно-болотные виды птиц и млекопитающих. Местные жители занимаются в основном рыболовством и скотоводством. Основными угрозами для биоразнообразия являются незаконная охота и рыбная ловля, а также заготовка саксаула

На 2-ом участке – Урочище Аманкутан – представлены горные ландшафты Гиссаро-Алая с набором видов горной фауны и флоры, включая редких краснокнижных представителей. Население одноименного поселка Аманкутан традиционно занимается скотоводством, сбором орехов, плодов и лекарственных трав, обслуживанием туристов. Эта хозяйственная деятельность обуславливает и основные угрозы биоразнообразию – перевыпас и нарушение растительного покрова, неконтролируемую заготовку дров и других растительных ресурсов, нерегулируемый туризм.

3-й участок – Дальверзинское охотхозяйство – единственный хорошо сохранившийся участок тугайного леса в долине Сырдарьи. Это место обитания характерных тугайных видов животных, а также зимовки и пролета многих видов хищных и водоплавающих птиц. Охотхозяйство Дальверзин является «территорией для управле-

ния отдельными природными ресурсами», имеет хорошо организованную охрану и штат сотрудников. Однако и здесь имеется ряд природоохранных проблем, требующих решения.

На основании анализа существующих природоохранных проблем и международного опыта для аналогичных территорий [4-7] была составлена предварительная структура «Плана действий по сохранению территории». На следующем этапе проекта были проведены встречи с более чем 200 местными жителями – основными природопользователями 3 участков, исследования биоразнообразия и угроз, определены местные целевые группы для выполнения будущих Планов действий. На заключительном этапе, совместно с природопользователями были разработаны «Схемы действий по сохранению биоразнообразия», которые легли в основу индивидуальных Планов Действий для каждого из проектных участков.

Для Узбекистана подобная задача выполнялась впервые, какие-либо форматы территориальных Планов Действий отсутствовали. Полученный опыт был проанализирован, обобщен и представлен заинтересованным сторонам в виде «Методических рекомендаций...» [8] для дальнейшего использования. На протяжении следующих 2 лет после завершения проекта (2015-2016) UzSPB при поддержке RSPB продолжало поддержку местных инициативных групп на модельных участках. В настоящее время предложенные проектом Планы действий по сохранению территорий успешно реализуются силами самих природопользователей на 2 участках – в урочище Аманкутан и в Дальверзинском охотхозяйстве.

2. Сохранение видов

Это направление неразрывно связано с территориальной охраной, поскольку невозможно без сохранения мест обитания. Система заповедников страны обеспечивает территориальную охрану 15 (31,3%) краснокнижных видов птиц и 16 (64,0%) – млекопитающих [9]. Наряду с этим, многие редкие виды, особенно птицы, испытывают прямые угрозы, оказываясь за пределами ОПТ в период миграций, или вследствие интенсивной эксплуатации (охота, заготовка). Соответственно, они нуждаются в адресной охране. Одним из важных современных природоохранных инструментов адресной охраны являются Планы Действий - индивидуальные схемы для устойчивого сохранения видов. Для каждого вида они содержат основные биологические характеристики, данные по состоянию мировых и местных популяций, описание угроз, законодательно-правовую основу управления, необходимые природоохранные мероприятия и список организаций, ответственных за их выполнение. Планы Действий способствуют обеспечению информационно-методической поддержки деятельности представителей государственных и общественных природоохранных и научных организаций, природопользователей и других заинтересованных лиц, имеющих непосредственное отношение к сохранению редких и исчезающих видов. В разных странах мира такие Планы разработаны и успешно реализуются для нескольких сотен видов, но в Узбекистане в природоохранной практике они не применяются.

Адресная охрана редких и глобально угрожаемых видов птиц является одним из приоритетов деятельности UzSPB – официального представителя BirdLife International в Узбекистане. Помимо биологической уникальности, эти виды являются также индикаторами состояния окружающей среды.

Первыми объектами для адресного изучения стали балобан *Falco cherrug* и стервятник *Neophron percnopterus*, Планы действий по сохранению которых были подготовлены в 2011 году и обновлены в 2017-2018-м [10]. Это способствовало тому, что в 2017 году было принято решение о включении стервятника в новое издание Национальной Красной книги.

В 2007 году Ассоциация сохранения биоразнообразия Казахстана (АСБК) и RSPB провели мечение кречеток *Chettusia gregaria* спутниковыми передатчиками на

местах гнездования в Центральном Казахстане. Это послужило началом совместного изучения вида на пути миграций через Узбекистан и Туркменистан. Осенью 2015 года на трансграничной территории под общим названием «Талимаржан» в Узбекистане и Туркменистане было отмечено 7900 особей - практически вся восточная пролетная популяция вида. На основании этого в конце 2016 года Международный Союз Охраны Природы (IUCN) классифицировал эту территорию как один из приоритетных Ключевых районов Биоразнообразия (КВА) в Центральной Азии. В 2018 году UzSPB при поддержке Орнитологического Общества Среднего Востока (OSME) приступило к выполнению программы «Позаботимся о будущем кречетки» на территории КВА «Талимаржан». В настоящее время на стадии завершения находится «План действий по сохранению кречетки в Узбекистане»

Туркестанский белый аист *Ciconia ciconia asiatica*. Ранее обычный для большей части Узбекистана, к началу 1980-х годов этот вид практически исчез из центральной и юго-восточной частей страны в связи с негативными последствиями интенсивного сельскохозяйственного освоения. На протяжении двух весенне-летних сезонов 2014 и 2015 годов, члены UzSPB приняли участие в 7-й Международной переписи белого аиста (IWSC). Учетными работами были охвачены все известные места гнездования белого аиста в 8 областях. Результаты этой работы были переданы в базу государственного кадастра животного мира.

Савка *Oxyura leucoccephala*. В период с 1999 по 2006 гг. на различных водоемах Узбекистана отмечались скопления до 5000 особей - более половины биогеографической популяции этого вида. Осознавая важность этих водоемов для сохранения вида, в 2016 году UzSPB провело полевые исследования на водоемах Бухарской области и Каракалпакстана. В октябре на озере Денгизкуль было обнаружено скопление савок более 9000 особей. Составлены карты современного распространения вида в различные сезоны года, определены наиболее значимые для поддержания вида водоемы и завершается подготовка «Плана действий по сохранению савки в Узбекистане».

Большая дрофа *Otis tarda*. В апреле 2017 года UzSPB получило приглашение от Евразийского Альянса по дрофе для участия в пересмотре Международного Плана Действия по сохранению этого вида. В Узбекистане большая дрофа до середины XX столетия была преимущественно пролетной, частично зимующей и изредка гнездящейся птицей, ежегодно посещавшей Узбекистан в количестве 10 000 - 20 000 особей. Обширные антропогенные изменения мест ее гнездования и зимовок в Казахстане и Сибири привели к почти полному исчезновению этого вида в Узбекистане к 1970 году. Максимальная современная численность зимующих и пролетных птиц в Узбекистане - до 500 особей в суровые зимы [11]. Анализ полученных данных позволил UzSPB предложить для Плана Действий по сохранению большой дрофы несколько мер, направленных на ее охрану.

Таким образом, основными задачами «Планов действий по сохранению» вышеперечисленных видов являются обеспечение благополучия птиц на местах гнездования, остановки в осенний период и зимовках.

Управление любыми ресурсами основано на определении их запасов. В случае использования объектов животного мира такой основой является инвентаризация и оценка их современного состояния, а инструментом для этого - система мониторинга [12]. Охрана и использование биологических ресурсов в Узбекистане имеет четкую административную структуру. Однако инвентаризация современного состояния фауны в разрезе областей до настоящего времени не проводилась, соответственно не разработана и система мониторинга.

Исходя из этих потребностей, в 2018 году в Институте зоологии Академии наук Республики Узбекистан под руководством автора данной статьи начата реализация прикладного проекта «Инвентаризация и оценка современного состояния фауны по-

звоночных животных Ташкентской области как основа создания системы мониторинга биоресурсов». Проект направлен на разработку мер по устойчивому использованию фауны позвоночных животных Ташкентской области, с последующим распространением опыта на другие области страны.

К настоящему времени составлены списки наземных позвоночных животных Ташкентской области, библиографические списки по фауне амфибий, рептилий, птиц и млекопитающих Ташкентской области - 409 источников с 1910 по 2017 гг. Разработан формат базы данных, в которую введены записи по 9041 встрече наземных позвоночных в пределах проектной территории. Для 136 видов, испытывающих наибольшие нагрузки - редких и экономически значимых - составлены «Аннотированные списки», содержащие ключевую информацию по состоянию их популяций, угрозам, и карты распространения в области. В дальнейшем эти списки также послужат основой для региональных фаунистических сводок по пресмыкающимся, птицам и млекопитающим, и для подготовки «Красной книги Ташкентской области». Итогом проекта станет публикация комплекта информационно-методических материалов, состоящего из «Аннотированного списка наземных позвоночных животных Ташкентской области», «Красного списка редких видов» и «Рекомендаций по проведению мониторинга наземных позвоночных животных». В рамках проекта также планируется разработать систему взаимодействия всех причастных к данному вопросу организаций-пользователей.

Таким образом, как показывает наш опыт, устойчивое использование биоресурсов в целом, и фауны наземных позвоночных в частности, включает комплекс действий по территориальной, адресной охране редких видов и систему мониторинга для оценки экономически значимых видов. Функционирование и устойчивость этой системы должны обеспечивать пользователи объектами животного мира при научно-консультативной поддержке Академии наук РУз [13].

Список литературы:

1. Национальная Стратегия и План Действий. Сохранение биологического разнообразия Республики Узбекистан. – Ташкент. - 1998. - 135 с.
2. Важнейшие орнитологические территории Узбекистана. Под ред. Р.Д. Кашкарова, Д. Вельш, М Бромбахера. – Берлин. - 2008. - 196 с.
3. The Mountains of Central Asia Biodiversity Hotspot Ecosystem Profile (2017). <http://www.cepf.net/SiteCollectionDocuments/mountains-central-asia/Mountains-Central-Asia-ecosystem-profile-Rus.pdf>.
4. Hazell Shokellu Thompson, Geoffrey Mwangi, Martha Mutisa and Margaret Wayua. A Review of IBA Local Conservation Groups in Africa. - 2010. - BirdLife International, Africa Partnership Secretariat, - Nairobi, Kenya. - 33 p.
5. Liz Wily, 1995. Establishing the first village-owned & managed forest reserves. - Duru-Haitemba, - Tanzania, - 1995. - 36 p.
6. Michael Kleine, Alper H. Colak, Simay Kirca, Khosro Sagheb-Talebi, Almazbek Oromzbekov and Don K. Lee. Rehabilitating degraded forest landscapes in West and Central Asia. A Synthesis. - 25 p.
7. Muhlenberg, M., T. Batkhishig, Ts. Dashzeveg, L. Drosler, B. Neusel, and J. Tsogtbaatar. 2006. Lessons From Tree Planting Initiatives in Mongolia. // Mongolia Discussion Papers, East Asia and Pacific Environment and Social Development. - Washington, D.C.: World Bank. - 52 p.
8. Кашкаров Р.Д., Уэлш Д.Р., Кашкаров О.Р., Хуршут Э. Э., Атаходжаев А.А., Сударев В.О., Белялова Л.Э., Фундукчиев С.Э., Тураев М.М. Сохранение и устойчивое использование ресурсов биоразнообразия основных экосистем Узбекистана: Методические рекомендации по подготовке и реализации Планов Действий. – Ташкент, Типография НУУз/ - 2014. - 96 с.

9. Рекомендации по расширению системы охраняемых природных территорий в Узбекистане. – Ташкент. - 2013. - 256 с.
10. Кашкаров Р.Д., Лановенко Е.Н. Планы действий по сохранению глобально угрожаемых видов птиц в Узбекистане. - Выпуск 1: Балобан. Стервятник. - Ташкент, Общество охраны птиц Узбекистана. - 2011. - 56 с.
11. Roman Kashkarov, 2018. Review of the status of the Great Bustard *Otis tarda* in Uzbekistan // Proceedings of the International Conference “Advancing the Conservation of the Great Bustard in Asia”, Ulaanbaatar, Mongolia, 24-31 May 2017. – Ulaanbaatar. - 2018. - P.123-135
12. Kashkarov R.D., Mitropolskaya Yu.O., Grytsyna M.A., Ten A.G., Abdurupov T.B. Methods and approaches to the inventory of the regional fauna of Uzbekistan // International Journal of Zoology Studies. – 2019. (in print)
13. Кашкаров Р.Д. Проблемы устойчивого использования экономически значимых видов наземных позвоночных животных Узбекистана и пути их решения // Матер. Респ. науч.-практич. конф. «Зоологическая наука Узбекистана: современные проблемы и перспективы развития», 21-22 июня 2019 года. – Ташкент. - 2018

**APPROACHES TO SUSTAINABLE USE OF THE RESOURCES
OF THE FAUNA OF UZBEKISTAN**

R.D. Kashkarov^{1,2}

¹*Institute of Zoology of the Academy of Sciences of Uzbekistan,
Tashkent, 100053, The Republic of Uzbekistan*

²*Republic NGO«Uzbekistan Society for the Protection of Birds»,
e-mail: roman.kashkarov@iba.uz*

Abstract

Sustainable use of bioresources is one of the conditions for ensuring the ecological safety of the society and an indicator of the country's socio-economic development. It includes a complexes actions for territorial, targeted protection of rare species and a system for assessing economically significant species.

ОБЯЗАТЕЛЬНЫЙ МОНИТОРИНГ НА НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ И ЛИНЕЙНЫХ СООРУЖЕНИЯХ

Т.А. Квасова¹, О.В. Тупицына²

¹Нефтетехнологический факультет, СамГТУ, Самара, 443100, Россия,
e-mail: tanya.tanya01706@gmail.com

²Научно-аналитический центр промышленной экологии, СамГТУ,
Самара, 443100, Россия, e-mail: olgatupicyna@yandex.ru

В статье затрагивается тема о таком важном аспекте в функционировании нефтеперерабатывающего предприятия, как ведение мониторинга. Поднимаются актуальные экологические проблемы, возникшие в результате антропогенной деятельности человека в нефтеперерабатывающей и нефтехимической отраслях, а также неадекватного экологического контроля.

Состояние окружающей среды и производственной территории непрерывно изменяется. Изменения являются различными по направленности, характеру, величине, неравномерно распределены в пространстве и во времени. Однако, природные изменения состояния среды имеют очень важную особенность - они, как правило, происходят около среднего уровня. Их показатели изменяются в течение длительного периода.

Техногенные изменения состояния прилегающей производственной территории являются другой особенностью, которые стали особенно значительными в последние десятилетия. Для оценки негативных последствий техногенного воздействия появилась необходимость в организации специальной системы наблюдения и анализа состояния окружающей среды. Такую систему называют системой мониторинга состояния окружающей среды, которая является частью универсальной системы контроля состояния окружающей среды.

Мониторинг – важная часть экологического контроля, который осуществляет государство. Его главная цель – наблюдение за состоянием окружающей среды и уровнем её загрязнения. Максимально важно своевременно оценить последствия антропогенного воздействия на биоту, экосистемы и здоровье человека, а также эффективность природоохранных мероприятий. Но мониторинг – это не только мероприятия по наблюдению и оценке фактов, но и экспериментальное моделирование, прогноз и рекомендации по управлению состоянием окружающей природной среды. Непрерывное слежение – это основной принцип мониторинга.

Наибольшее количество заводов нефтеперерабатывающей промышленности России были построены в военное и послевоенное время. Тяжёлое положение в стране с объёмом поставок авиационного и автомобильного бензинов и их низким качеством было связано с общим неудовлетворительным положением советских нефтеперерабатывающих заводов. 85% нефти перерабатывалось методом простой перегонки на кубовых и трубчатых атмосферно – вакуумных установках, поэтому в товарной номенклатуре доминировало преобладание темных нефтепродуктов. Так называемая “мазутная ориентация”, в результате которой выпуск “светлых” нефтепродуктов в целом по стране едва достигал 20%, являлась основным негативным фактором, осложняющим полное и надежное обеспечение горюче-смазочными материалами как отраслей народного хозяйства СССР, так и его Вооруженных Сил [1].

В годы войны, по сравнению с мирным 1940г., ежегодное потребление топлива выросло более чем в 4 раза [2]. Чтобы удовлетворить возросший спрос на авиационное и автомобильное топливо, была разработана специальная ленд-лизская про-

грамма, призванная способствовать производству бензинов в СССР. Уже в Первом (Московском) протоколе указывалось о необходимости поставок нефтеперерабатывающего оборудования по ленд-лизу. Поставленное оборудование оказало огромное влияние на уровень технического становления отечественной нефтеперерабатывающей промышленности. Установка и эксплуатация высокоэффективного нефтеперерабатывающего оборудования США помогли усовершенствовать промышленное производство высокооктановых бензинов и освоить новые технологии переработки.

Стремительными темпами увеличивалось потребление природных ресурсов. Многократно увеличились объемы нефтепереработки и, следовательно, увеличилось негативное воздействие на человека и окружающую среду, также возросли отходы нефтеперерабатывающей промышленности, утилизация которых тогда никем не контролировалась. Абсолютно никто не прогнозировал то, какими быстрыми темпами развивающаяся промышленность приведет к проблемам экологии тех масштабов, которые есть в настоящее время.

В военные и послевоенные годы НПЗ строились там, где находились источники поверхностного водоснабжения для возможности производить водопотребление и водосброс. Процесс формирования и развития нефтехимической, нефтеперерабатывающей отраслей промышленности исторически приходится на конец 60-х – начало 70-х годов – в этот момент еще не было разработано никаких природоохранных требований. К примеру, ГОКС города Самары (Городские очистные сооружения) введены в эксплуатацию только в 1985, а до этого очистных сооружений не существовало в принципе – вся загрязнённая вода с нефтехимических и нефтеперерабатывающих предприятий скидывалась без очистки, а то, что нельзя было скинуть без очистки – через систему накопителей таких, как буферные ёмкости, перепускные котлованы и др.

Известно, что добыча, переработка, хранение и транспортировка нефти сопровождается аварийными и техногенными утечками, разливами нефти и продуктов её переработки на поверхность земли. Быстрый износ запирающей и регулирующей арматуры, разгерметизация сварных швов, внутренняя и внешняя коррозии приводили к многократным разливам нефти в течение многих десятилетий. Это, в свою очередь, приводит к их фильтрации в водоносные горизонты, в результате чего значительное количество нефтепродуктов скапливается в зоне аэрации, образуя на поверхности грунтовых вод техногенную залежь утерянных нефтепродуктов – плавающие линзы, частично растворяющиеся в подземных водах. Подвижность подземных вод приводит к тому, что они становятся мощным агентом переноса загрязнений от очага его формирования на большие расстояния с частичным выклиниванием скопившихся под землей нефтепродуктов в поверхностные водотоки и водоёмы [3]. Накопление линзы осуществлялось поступлениями того времени и под большим вопросом не поступают ли они сейчас: по некоторым данным о потерях нефтепродуктов, 1% добываемой нефти теряется (в России добывается 500 млн тонн ежегодно, 1% – это 5 млн тонн, которые “рассеиваются в окружающую среду”).

Данная проблема актуальна не только для всех нефтеперерабатывающих заводов на территории России, но и для территорий далеко за её пределами. Но если в России этой проблеме начали уделять пристальное внимание только в последнее десятилетие, то в промышленно-развитых странах её изучением занимаются многочисленные проектные и производственные компании и в её решение вкладываются весьма крупные денежные средства. Опыт этих стран показывает, что если мелкие очаги загрязнения (сотни м²) удастся ликвидировать сравнительно быстро (за несколько лет), то локализация и ликвидация крупных очагов загрязнения растягивается на многие десятилетия. Особенно долговременным, трудоёмким и дорогостоящим является процесс окончательной реабилитации геологической среды в связи с её высокой инертностью относительно сформировавшегося загрязнения [4].

Есть еще одна острая экологическая проблема на нефтеперерабатывающих предприятиях: высокий, сложившийся, естественный техногенный фон вследствие достаточно длительного срока эксплуатации НПЗ, обусловленный их деятельностью. Как правило, среди мониторинговых исследований этот фон не зафиксирован. Конечно, есть посты наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха, но все они расположены в населенных пунктах, а не за их пределами. Так как эти посты наблюдения появились в конце 80-х – начале 90-х годов, они расположены по городам в пределах существующей застройки того периода. Спустя время города увеличились в своих геометрических размерах, но сеть режима наблюдения осталась прежде. Ярким примером является город Самара: здесь имеется 18 наблюдательных постов, которые контролируют только 40% населенной территории. А остальные 60%, где также функционируют предприятия и живут люди, вообще не охвачена системой мониторинговых исследований. Росгидромет, который контролирует качество атмосферного воздуха на территории жилых районов, сетью их не покрывает – эти данные отсутствуют; а промышленные предприятия как бы имеют обязательства по ведению мониторинговых исследований, но достоверную информацию получить невозможно, потому что фоновая общая система показателей не идентифицирована. Отсутствие системного подхода по развитию сети, по её наращиванию с развитием города и с развитием предприятий никем не контролируется. Данная проблема связана с обеспечением качества атмосферного воздуха населенных мест и с регламентной работой предприятий. Это огромный пробел, который никем не ликвидируется и даже не рассматривается в ближайшем перспективе.

Ещё одной проблемой является строительство на загрязненной территории. Площадки НПЗ, расположенные в городах – это ограниченные территории. Необходимо реконструкция производства для того, чтобы обеспечить выпуск топлива в соответствии с требованиями стандарта Евро-4, Евро-5. На территории имеются основные установки технологического цикла, вспомогательные установки и объекты общезаводского хозяйства. Если территория ограничена, её реконструкция возможна только ликвидацией каких-то объектов, последовательно выводящихся из эксплуатации. При выводе объекта из эксплуатации проводят исследования грунтов на глубину залегания фундамента и, как показывает опыт, обнаруживаются нефтепроявления и загрязнения специфическими видами веществ, которые в основном обращаются в технологическом цикле. Следовательно, эти грунты подлежат экскавации, вывозу и их обезвреживанию на специализированных установках, и заводу новых, так как на загрязненных грунтах строительство запрещено - неизвестно как будет обеспечена несущая способность этих грунтов и невозможно прогнозировать их поведение. Таким образом, значительное количество образующихся отходов при строительстве на загрязненных грунтах также является острой проблемой.

Также следует отметить, что нефтеперерабатывающие предприятия относятся к объектам, оказывающим значительное негативное воздействие на окружающую среду и относящихся к областям применения наилучших доступных технологий, - объекты I категории [5].

Конечно, мониторинг является обязательным для того, чтобы оценивать текущее состояние, но это всё вторично. На основе результатов систематических исследований необходимо строить прогнозы, но, к сожалению, у нас эти модели совсем не используются. На каждой территории есть своя определенная аэродинамика, свои климатические характеристики и с учетом этого, на основе постоянных замеров, можно прогнозировать мероприятия по технологической работе установок, потому что необходимо помнить, что помимо технологии есть охрана окружающей среды.

Основной целью мониторинга на нефтеперерабатывающих предприятиях является ликвидация накопленного ущерба от работы НПЗ и его предотвращение в будущем. Чем быстрее общество современного мира оценит и осознает глобальность

рассмотренных проблем, а главное, активно приступит к их устранению, тем более высоки шансы на обеспечение экологически чистого будущего нашим потомкам.

Список литературы:

1. Иголкин А.А. Нефтеперерабатывающие заводы, поставленные в СССР из США по ленд-лизу // Бурение и нефть. 2007. №5. С.46.
2. Никитин В.В. Горючее – фронту. М.: Воениздат, 1984. 205с.
3. Дадашев Р.Х., Гайрабеков У.Т., Усманов А.Х. Экологические проблемы техногенных залежей нефтепродуктов на территории г. Грозный: история и современность // Экологическая ситуация на Северном Кавказе: проблемы и пути их решения: матер. всерос. научно-практ. конф. – Грозный, 2008. – С. 278-286.
4. Гайрабеков У.Т., Дадашев Р.Х., Усманов А.Х. Геоэкологическая оценка воздействия техногенных залежей нефтепродуктов на геологическую среду г. Грозного // Естественные технические науки. -2009. -№2 (40). –С. 245-176 с.
5. Федеральный закон от 10.01.2002 №7 – ФЗ (ред. от 31.12.2017) “Об охране окружающей среды”).
6. Государственный доклад о состоянии окружающей среды и природных ресурсов Самарской области за 2016 год. Ларионов А.И. Выпуск 27. – Самара.

**OBLIGATORY MONITORING AT OIL REFINING ENTERPRISES
AND LINEAR FACILITIES**

T.A. Kvasova¹, O.V. Tupitsyna²

*¹Oil Technology Faculty, SamSTU, Samara, 443100, Russia,
e-mail: tanya.tanya01706@gmail.com*

*²Scientific and Analytical Center of Industrial Ecology, SamSTU, Samara, 443100, Russia,
e-mail: olgatupicyna@yandex.ru*

Abstract

The article deals with the topic of such an important aspect in the functioning of an oil refinery as monitoring. Topical environmental problems that have arisen as a result of human activity in the oil refining and petrochemical industries, as well as inadequate environmental monitoring, are being raised.

УДК 623.8

**РАСЧЕТНО – ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ
ВОЗМОЖНОСТИ СНИЖЕНИЯ ПЕРЕДАЧИ ВИБРАЦИИ ПО
ТРУБОПРОВОДАМ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК
АКТИВНЫМИ МЕТОДАМИ**

**А.В. Кирюхин¹, О.О. Мильман¹, А.В. Кондратьев², А.В. Птахин²,
В.О. Милосердов²**

¹ФГБОУ ВО «Калужский государственный университет им. К.Э.Циолковского»,
г. Калуга, 248023, Россия, e-mail: turboson@kaluga.ru

²ЗАО «Научно-производственное внедренческое предприятие «Турбоконт»,
г. Калуга, 248023, Россия

Снижение передачи вибрации через компенсаторы трубопроводов с жидкостью, в том числе активными методами, важно для виброизоляции оборудования по линии трубопроводов в энергетическом и транспортном машиностроении, судостроении, а также для нефте- и газопроводов на перекачивающих станциях.

Экспериментально исследована опытная активная система одновременного широкополосного гашения динамических сил и пульсаций давления в компенсаторах трубопроводов с жидкостью. Схема размещения углового компенсатора 1 с упругими элементами 2 между установкой 3 (насосом, компрессором) и трубопроводом 4 показана на рисунке 1. Переходная вибрационная жесткость компенсатора C_f на частоте f определяет динамическую силу F_d , передаваемую компенсатором 1 от установки 3 на фундамент 5 (рисунок 1). Она определяется как отношение динамической силы F_d на неподвижном выходе компенсатора к амплитуде вибрации A на его входе на частоте f :

$$C_f = F \quad (1)$$

На нулевой частоте вибрационная жесткость равна статической. В выражении (1) величины комплексные, для сравнения используют модуль жесткости. Эксперименты [1,2] показывают, что с ростом частоты для большинства типов компенсаторов с жидкостью увеличение вибрационной жесткости по отношению к статической может составлять порядок и более в широком частотном диапазоне. Исследовались разгруженные по статическому давлению компенсаторы. В них отсутствуют распорные усилия между присоединительными фланцами. Эти силы для компенсаторов высокого давления и диаметра могут достигать тысяч кН. За счет конструкции эти силы замыкаются на силовые элементы внутри компенсатора. На рисунке 1 показан угловой разгруженный компенсатор 1 на основе резинокордных оболочек (РКО) диафрагменного типа 2 между насосом 3 и трубопроводом 4.

Взаимодействие жидкости и структуры компенсатора при их колебаниях может заметно повышать жесткость компенсатора. На рисунке 2 показана зависимость переходной вибрационной жесткости в направлении Z от частоты и наличия воды для углового компенсатора диаметром 250 мм, изображенного на рисунке 1. С ростом частоты C_f увеличивается более, чем в сто раз в широком частотном диапазоне до 650 Гц. Вибрационная жесткость опорной виброизоляции 6 слабо зависит от частоты и, как правило, невелика [1,2]. Поэтому на частотах выше нескольких десятков Гц динамические силы F_d , передаваемые компенсатором, существенно превышают силы F_a , передаваемые опорной виброизоляцией.

Испытания компенсаторов на основе РКО, сильфонов, резинокордных рукавов с диаметрами до 750 мм показали, что чем меньше структурная жесткость, тем больше влияние воды. Уменьшение структурной жесткости не снижает передачу вибрации, которая определяется пульсациями давления. Физические и расчетные модели взаи-

модеиствия пульсаций и вибраций в компенсаторах рассмотрены в работах [2-4]. Компенсатор является источником пульсаций давления и динамических сил.

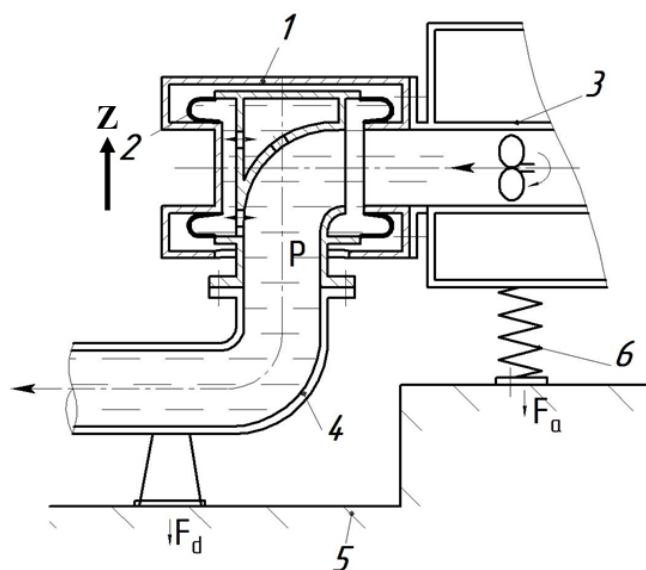


Рис. 1. Установка углового разгруженного компенсатора 1 с упругими элементами 2 на основе РКО диафрагменного типа между насосом 3 и трубопроводом 4.

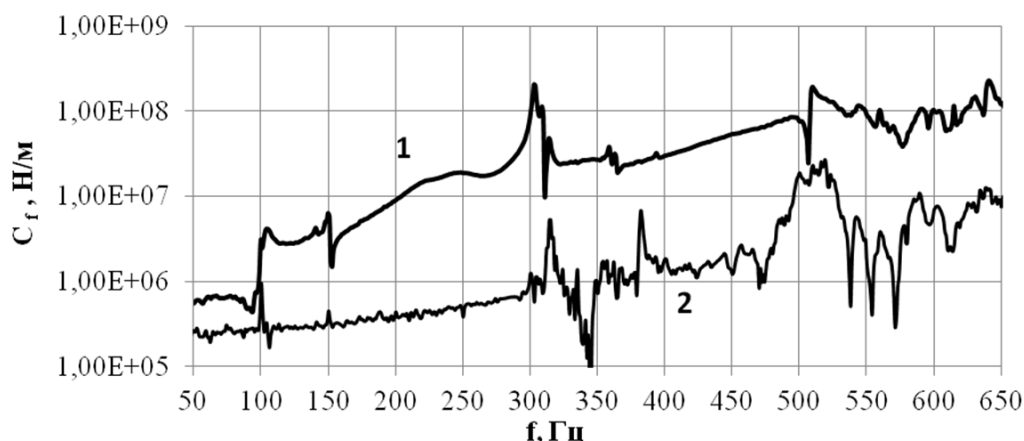


Рис. 2 Вибрационная переходная жесткость углового компенсатора диаметром 250 мм РКО (рисунок 1) с водой (1) и воздухом (2) в направлении Z [2].

Поэтому задача снижения передачи вибрации через компенсаторы трубопроводов с жидкостью важна в энергетическом и транспортном машиностроении, судостроении, а также для нефте- и газопроводов на перекачивающих станциях. На практике эффективность известных конструктивных пассивных методов снижения динамических сил и пульсаций в компенсаторах ограничена прочностью, габаритами и физикой рабочих процессов в установках и компенсаторах. Уменьшение передачи вибрации через них может быть получено при

Снижение передачи вибрации через компенсаторы может осуществляться активными виброзащитными системами (АВС) [2,5,6]. АВС создают компенсирующие динамические силы, действующие на присоединенные к установке конструкции в противофазе к силам, действующим от установки. Аналогично действуют активные системы подавления пульсаций давления. АВС могут снижать как дискретные компоненты в спектрах вибраций, так и случайные колебания в полосе частот. В литературе отсутствуют работы по снижению передачи вибрации через компенсаторы трубопроводов с жидкостью активными методами. Ниже рассмотрены результаты испытаний широкополосной двухканальной АВС одновременного подавления сил и пульсаций давления в компенсаторах.

Схема экспериментальной АВС и стенда приведена на рисунке 3. Плита 1 установлена на датчиках динамической силы 2 на фундаменте 3. Компенсатор 5 с трубой 4 и водой смонтирован на плите 1. Пульсации давления P в трубе и компенсаторе создаются поршнем 6 и измеряются гидрофонами 7. Поршень 6 возбуждается электродинамическим вибратором V_p с усилителем мощности PA_p . Пульсации P создают динамическую силу F_p , возбуждающую вибрацию плиты 1. Структурное возбуждение вибрации осуществляется вибратором V_v с усилителем мощности PA_v . Он создает динамическую силу F_v , действующую через компенсатор на плиту 1. Случайный, либо синусоидальный сигнал заданной частоты, на усилители мощности подаются от генератора сигналов SG . Суммарная сила действия вибрации плиты 1 на фундамент 3 F_d измеряется датчиками силы 2.

Вибратор V_c с усилителем мощности PA_c создает компенсирующую силу F_c . Она уменьшает измеряемую датчиком 2 силу F_d . Сигнал на PA_c и V_c формируется многоканальной системой управления CD на основе обработки сигнала от датчиков силы F_d . Все вибраторы виброизолированы от плиты 1 и фундамента 3 при помощи упругого подвеса с собственной частотой менее 1 Hz. Пьезокерамический излучатель 8 с усилителем мощности PA_{pc} создает компенсирующие пульсации давления. Сигнал на излучатель 8 формируется системой управления CD на основе обработки сигнала от гидрофона 7.

Сигнал датчика обратной связи, датчика силы 2 или гидрофона 7, подается на один из входов аналого-цифрового преобразователя системы управления CD . Сигнал оцифровывается и передается в процессорный модуль CD , где с использованием цифрового регулятора формируется узкополосный или широкополосный компенсирующий сигнал. Через цифроаналоговый преобразователь сигнал подается на соответствующий усилитель мощности. Использовались электродинамический вибратор в качестве источника компенсирующей силы, пьезокерамический излучатель в качестве источника компенсирующей пульсации давления и цифровое устройство управления.

Исследовалась возможность создания эффективного регулятора в цепи обратной связи на основе стандартных полосовых фильтров различного порядка, Баттерворта, Чебышева, эллиптических, а также резонансных звеньев (резонаторов). Параметры устройства управления задавались от ЭВМ в среде MATLAB через интерфейс RS-485. Контроль и обработка сигналов производились многоканальным анализатором сигналов SA типа «Puls» фирмы «Брюль и Кьер».

Результаты активного гашения сил $F_d(f)$ под плитой резонатором с центральной частотой 120 Hz показаны на рисунке 4. Подавление силы на частоте 120 Hz достигает величины 32 dB. Ширина полосы, где сила $F_d(f)$ уменьшается в два раза и более, составляет от 80 до 150 Hz.

На рисунке 5 показаны результаты широкополосного гашения сил $F_d(f)$ под плитой при помощи пяти эллиптических фильтров и резонатора на частоте 145 Гц. Видно, что снижение вибрационной силы достигает 16 dB, а ширина полосы гашения Δf составляет почти пять октав, от 10 до 280 Hz. На частотах ниже и выше полосы активного гашения возникают зоны отрицательной эффективности. Они обусловлены тем, что фильтр на границах своей работы переворачивает фазу сигнала, и усиливает исходный сигнал вместо гашения. Активное гашение подавляет и сигналы от помехи 3, идущие от фундамента на частотах 20- 40 Hz, 50, 78, 100 и 150 Hz.

На рисунке 6 показаны результаты гашения пульсации P на резонансе 310 Гц резонатором 335 Гц в канале P с фазой $\pi/2$. Сигнал на резонансе уменьшен в 20 раз (26 dB) как по пульсации, так и по вызываемой пульсацией силе.

Исследованная АВС для активного гашения динамических сил и пульсаций давления в компенсаторах трубопроводов с жидкостью позволяет одновременно снижать динамические силы и пульсации давления на порядок и более на отдельных

дискретных частотах и в широких полосах частот от десятков до сотен Гц. Увеличение эффективности АВС ограничено появлением автоколебаний при увеличении коэффициентов усиления в цепи обратной связи. Одним из способов повышения эффективности является введение в регулятор звеньев с демпфированием. Дальнейшие исследования должны быть направлены на совершенствование алгоритмов управления и развитие методов расчета передаваемых компенсаторами с жидкостью пульсаций и динамических сил в составе трубопровода.

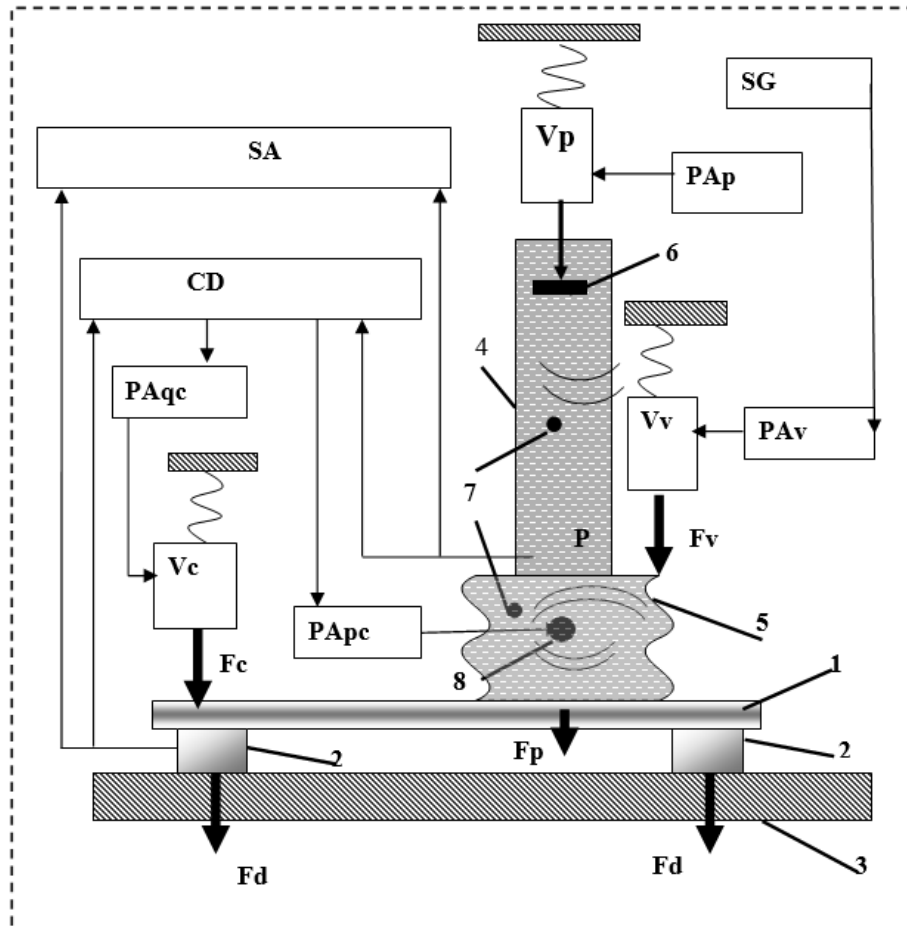


Рис. 3. Стенд двухканальной АВС. CD- control device (устройство управления), PA- power amplifier (усилитель мощности), V- vibrator (вибратор), SG- signal generator (генератор сигналов), SA- signal analyzer (анализатор сигналов). Индексы: с- compensation (компенсация), р- pulsations (пульсации), v- vibration (вибрация)

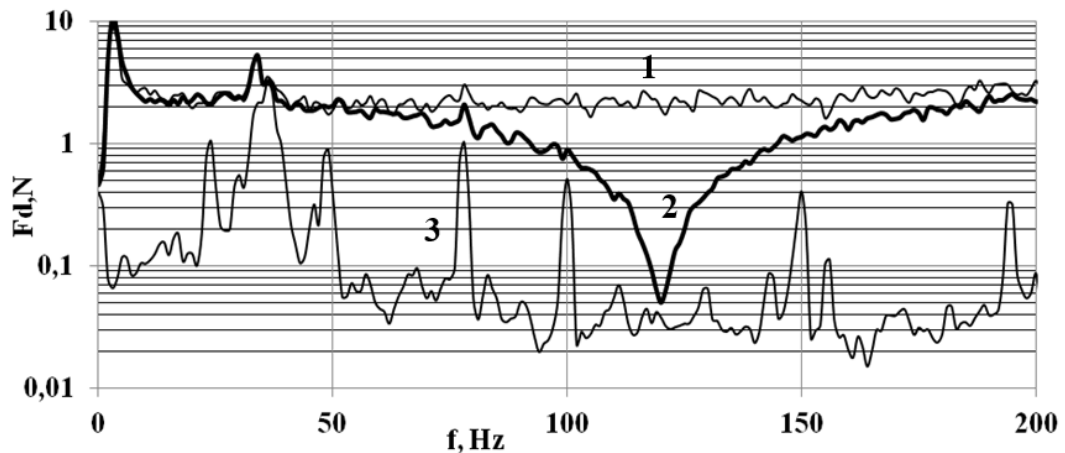


Рис. 4. Активное гашение силой резонатором на частоте 120 Гц. 1-исходный сигнал, 2- гашение, 3- помеха

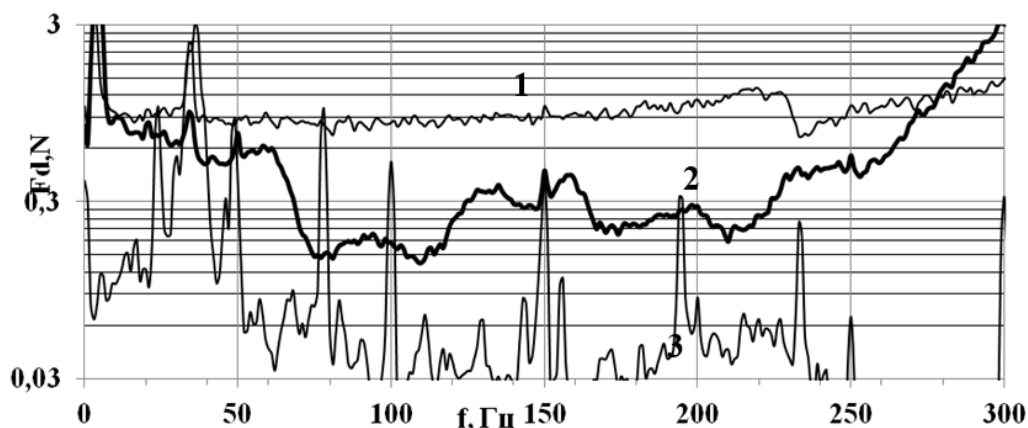


Рис. 5. Возбуждение силой. а- активное гашение силой. Эллиптические фильтры $\Delta f=40-90$ Hz, порядок фильтра $n=1$, 70-120 Hz, $n=2$, 100-180 Hz, $n=2$, 160- 220 Hz, $n=2$, 200-260 Hz, $n=2$, резонатор 145 Hz, фаза 0. 1- исходный сигнал, 2- гашение, 3- помеха.

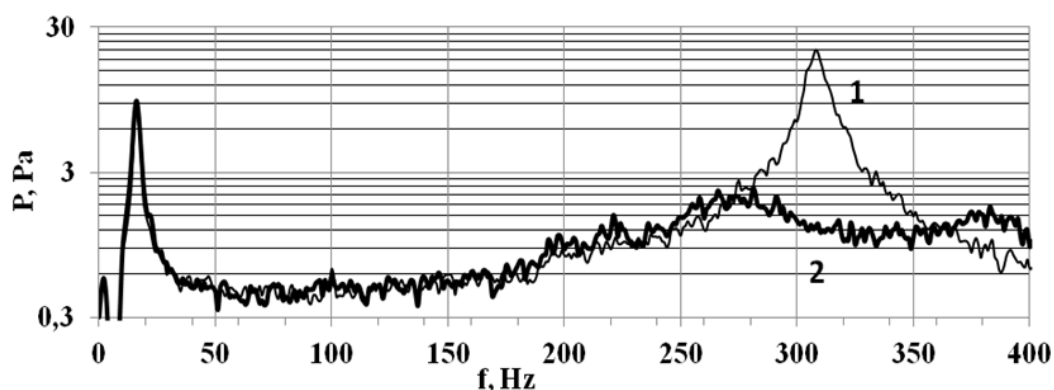


Рис. 6. Результаты активного гашения пульсации P на резонансе 310 Гц резонатором 335 Гц в канале P с фазой $\pi/2$. 1-исходный сигнал, 2- гашение.

Эта работа была выполнена при поддержке РНФ Соглашение № 16 – 19 – 10292 от 12 мая 2016 года между РНФ и КГУ им. К.Э.Циолковского

Список литературы:

1. Попков В.И., Попков С.В. Колебания механизмов и конструкций, -СПб., «Сударыня», 2009. - С.490.
2. Kiryukhin A.V., Milman O.O., Ptakhin A.V., Serezhkin L.N., Kondratev A.V. Development and Calculation-Experimental Analysis of Pressure Pulsations and Dynamic Forces Occurrence Models in the Expansion Joints of Pipelines with Fluid // Int. J. Applied Engineering Research. 2017. Vol. 12. N.19. P. 8209-8216.
3. Ганиев Р.Ф. Нелинейные резонансы и катастрофы. Надежность, безопасность, бесшумность // Москва: Динамика, 2013, - С.505-542.
4. Ганиев Р. Ф. и др. Стабилизация колебаний давления в трубопроводных системах энергетических установок. М., Изд. МГТУ. 1993.
5. Кузнецов Г.Н., Кирюхин А.В., Федоров В.А. Белогубцев Е.С., Михайлов С.Г., Пудовкин А.А., Смагин Д.А. Проблемы и предварительные результаты испытания систем активного гашения низкочастотных сигналов в водной и воздушной средах // Фундаментальная и прикладная гидрофизика. 2011. Т. 4. № 3. - С. 93-107.
6. Безбах И.Ж., Мелик-Шахназаров В.А., Софьянчук Д.В., Стрелов В.И. Новая конструкция активных виброзащитных устройств. Наука и образование: научное издание, 2012, № 9, - с. 22

**THE CALCULATION-EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE
POSSIBILITY OF REDUCING THE TRANSMISSION OF VIBRATION
THROUGH POWER PLANTS PIPELINES WITH ACTIVE METHODS**

A.V. Kiryukhin¹, O.O. Milman¹, A.V. Kondratev², A.V. Ptakhin², V.O. Miloserdov²

*¹Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovsky, Kaluga, 248000, Russia,
e-mail: turbocon@kaluga.ru*

²Scientific Production Company "Turbokon", Kaluga, 248010, Russia

Abstract

Developmental active system with a digital control device for simultaneous wide-band damping of dynamic forces and pressure pulsations in the pipeline compensators with liquid has been experimentally investigated. Excitation and compensation of vibration and dynamic forces were carried out with electro dynamical vibrators, pressure pulsations piezo electric emitters. The possibility of using standard bandpass filters of Butterworth, Chebyshev, elliptic of various orders types as regulators in the feedback loop has been investigated. Dynamic forces reduction and pressure pulsation damping up to 32 dB in the frequency ranges from 10 to 400 Hz has been obtained.

**ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ОТВАЛОВ КАМЫШ-БУРУНСКОГО
ЖЕЛЕЗОРУДНОГО КОМБИНАТА С ИЗВЛЕЧЕНИЕМ ПОЛЕЗНЫХ
ПРОМЫШЛЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПЕРЕВОДОМ
ХВОСТОХРАНИЛИЩА В ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЙ ОБЪЕКТ**

Н.И. Ковалёв¹, В.В. Кравченко², Л.И. Лукина¹, А.М. Акимов¹, С.В.Солдатова¹

¹ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,

г. Севастополь, 299053, Россия, e-mail: kowalew49@yandex.ua

²НИИ «Сельское хозяйство Крыма», Симферополь, Россия

Камыш-Бурунский железно-рудный комбинат (ЖРК), расположенный на южной окраине города Керчь, эксплуатировался более 60 лет. За это время отходами производства, объем которых составляет около 60 млн.т, были заполнены два хвостохранилища - Верхнее-Чурбашское (на дне озера) и Нижнее-Чурбашское (в плавнях). Оба хвостохранилища Камыш-Бурунского ЖРК находятся в аварийном состоянии. Токсичные вещества, содержащиеся в отвалах, в течение многих лет выносятся через существующие защитные барьеры и попадают в окружающую природную среду – в т.ч. на территорию расположенных вблизи населённых пунктов, морского порта и на другие существующие объекты, а также на территорию сельхозугодий.

В то же время в отвалах находятся промышленные объёмы полезных компонентов: содержание железа в виде «гематита» до 30-37%; фосфора, пригодного для получения удобрений до 0,03%; цветные металлы (ванадий, хром и др.). Кроме того, в отвалах содержится до 0,1 % мышьяка. Выделенный в чистом виде мышьяк не опасен для биоты и необходим для добывающей промышленности. Поэтому проблема разработки технологии комплексной переработки отвалов с извлечением полезных компонентов и перевода хвостохранилищ в экологически безопасные объекты является актуальной и экономически целесообразной.

Переработка отвалов с содержанием гематита является одной из сложных в технологическом плане. При переработке железных руд методом магнитной сепарации извлекают лишь сильномагнитную составляющую железосодержащих минералов, т.е. магнетит $FeO \cdot Fe_2O_3$. Попадающий в отвалы гематит Fe_2O_3 , не обладающий магнитными свойствами, содержит до 25 % железа. При доведении концентрации железа в промышленном концентрате до 50%, он становится пригодным для выплавки чугуна. По всем железорудным комбинатам РФ и стран СНГ объемы таких отвалов достигают сотен млн. тонн.

Переработка гематитовых руд по технологии обратной катионной флотации налажена в Китае и Индии. Однако эта технология имеет ряд недостатков: необходимость дополнительных промышленных площадей для флотационной фабрики, применение химических реактивов – флотореагентов (собирателей, пенообразователей, регуляторов и др.), большие расходы пресной воды и, соответственно, большие объемы промышленных сбросов. Нами предлагается технология переработки отвалов ЖРК с применением гравитационно-магнитной сепарации.

Техническое состояние хвостохранилищ Камыш-Бурунского ЖРК и характеристика отвалов. Хвостохранилища были выполнены в понижениях местности от озера Чурбашское, обвалованы с трех сторон песчаными барьерами шириной 30 м (рис.1). Отвалы комбината первоначально представляли собой измельченные до 0,1 мм железосодержащие руды в виде пульпы в соотношениях материалов и жидкости Е:Ж = 1:10. Пульпа отстаивалась в отстойнике, а жидкость сбрасывалась по отводящему каналу в Чёрное море.



Рис.1. Фотоснимок хвостохранилищ Камыш-Бурунского железно-рудного комбината

По песчаным защитным барьерам были высажены деревья для укрепления грунта и защиты от возможного пылевого переноса верхних слоёв отвалов.

В настоящее время в обоих хвостохранилищах деревья практически уничтожены из-за проводимых в последние годы работ по вывозу песка из защитных валов для продажи строительным организациям (вывезено около 200000 т песка), верхние слои отвалов высохли (рис.2).



Рис. 2. Современное состояние песчаных защитных барьеров

Добыча и вывоз песка привели к нарушению защитных барьеров, ещё большему высыханию отвалов и ветровому интенсивному их выносу в виде пыли с различными высокотоксичными веществами, в составе которых мышьяковистые соединения (наиболее опасные), фосфорные соединения (в т.ч. природный радиоактивный фосфор - бета-излучатель), тяжелые металлы.

Химический состав хвостов. Содержание окислов железа в отвалах составляет 49-54%, что в целом превышает 50%, поэтому содержимое отвалов называют железистым продуктом (табл.1). Химический состав хвостов приведен в табл. 2.

Рекультивация данных хвостохранилищ путём засыпки грунтом по существующим требованиям нормативных документов запрещена из-за наличия в отвалах промышленных объёмов полезных компонентов:

- железа в виде «гематита» и других маломангнитных соединений – до 30-37 % (т.е. ~ 20÷22 млн.т.), пригодного для выплавки чугуна при доведении концентрации

железа в промышленном концентрате до 50%;

- фосфора, пригодного для получения удобрений – до 0,03 % т.е. ~ 180 тыс.т.;
- мышьяковистых соединений (в пересчёте на мышьяк) – до 0,1% (т.е. ~ 60 000 т.) из которых может быть получен мышьяк в чистом виде (который не опасен и необходим для добывающей промышленности РФ);
- ванадий – до 0,05% (т.е. ~ 300 тыс.т.), хром – 0,01% (~ 42 тыс.т.), необходимы для получения высокопрочных сталей.

Таблица 1

Химический состав продукта железистого Камыш-Бурунского ЖРК

Содержание оксидов, мас.%										
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	MnO	п.п.п.
18-20	5,1-9,0	49-54,4	1,7-4,1	0,5-3,8	0,1-2,5	0,2-0,4	0,1-0,3	2,3-4,6	0,5-3,8	11,3-21,0

Таблица 2

Химический состав хвостов Камыш-Бурунского ЖРК

Определяемая характеристика, ед. изм.	ДК в соотв. с НД	Результат КХА, при погрешности P=0,95, мг/кг	Содержание в хвостах, %
Сульфаты, мг/кг	160	18,2±1,8	-
Азот нитратный, мг/кг	130	3,1±0,6	-
Фосфор (подвижные формы), мг/кг	Не уст.	341±26	0,034
Мышьяк, мг/кг	2,0	1085±326	0,108
Хром, мг/кг	0,05	71±21	0,007
Железо, г/кг	Не уст.	370 ±111	37±11
Ртуть, мг/кг	2,1	0,011±0,003	-
Сурьма, мг/кг	4,5	14±4	-
Ванадий	150	525±158	0,052

Примечание: нормативы ДК в соответствии с нормативными документами (НД) ГН 2.1.7.2041-06, ГН 2.1.7.2511-09

Технология переработки отвалов. Предлагается поэтапная технология комплексной переработки отвалов Камыш-Бурунского железорудного комбината и реверса хвостохранилищ в экологически безопасные объекты:

1. Извлечение из отвалов сильномагнитных железосодержащих материалов («магнетит») и слабомагнитных (гематит, лимонит и танконит), тяжелых металлов, а также As и P, которые входят в единые структуры минералов слабомагнитного железа. Для этого создается пульпа 1:10, которая подаётся на спиральные дешламаторы, затем на гравитационно-магнитные сепараторы для доведения содержания железа в промышленном концентрате до 50%. Для этого потребуется использовать двухступенчатую сепарацию:

а) на штатных спиральных дешламаторах отмываются от глины минералы железа и другие минералы тяжелых металлов – хрома, ванадия, марганца;

б) на инновационных гравитационно-магнитных сепараторах производят повышение содержания слабомагнитного железа («гематита») в промышленном материале – до 50%, с одновременным извлечением его из пульпы (до 90%). При этом одновременно извлекаются из отвалов соединения мышьяка, фосфора, тяжелых металлов, входящие в структуру зёрен минералов слабомагнитного железа («гематита»).

2. Отсепарированная от полезных компонентов и вредных веществ пульпа (до 50% отвалов) с низкой концентрацией соединений мышьяка и фосфора подаётся на

узел изготовления железобетонных блоков (до 10% добавка цемента), из которых строится инженерная защитная стена вместо дамб из песка, т.е. создаётся блочная обваловка хвостохранищ в виде «саркофага». Из этой пульпы (экологически безопасной) могут изготавливаться серии блочных изделий (паребрики и другие ЖБИ – для выполнения ограждений, прокладки велосипедных и прогулочных дорожек и т.д.). Тем более, есть сведения, что вблизи бывшего ЖРК планируется строительство цементного завода, а значит, возможно построить завод ЖБИ для полного цикла использования оставшихся очищенных отвалов. Вследствие этого отсепарированные (очищенные) отвалы могут использоваться для изготовления ЖБИ длительное время и могут некультивироваться, а временно храниться за блочным барьером.

3. Промышленный железосодержащий концентрат перед отправкой на выплавку чугуна необходимо очистить от мышьяковистых (наиболее опасных) соединений, которые направить на промышленное производство чистого мышьяка. Это можно выполнить путём нагрева железосодержащего материала до $\approx 1000^{\circ}\text{C}$. При этом мышьяковистые соединения разлагаются до As_2O_3 и затем их улавливают в виде пыли с парами H_2O . Мышьяковистые соединения могут направляться на химические заводы РФ по производству чистого мышьяка (безопасного).

4. Нагретый железосодержащий материал (50% исходного материала) с фосфорными соединениями и другими и тяжелыми редкими металлами направляется на переплавку чугуна (завод должен быть рядом), либо охлаждается и направляется на металлургические предприятия. В результате переплавки данного материала все металлы уйдут в чугун, а фосфор останется в граншлаке, который после измельчения может использоваться в качестве фосфорного удобрения (шлак фосфатный).

Технологическая схема экспериментального комплекса переработки шламов Камыш-Бурунского железорудного комбината. Технологическая схема переработки шламов с инновационным гравитационно-магнитным методом сепарации показана на рис. 3.

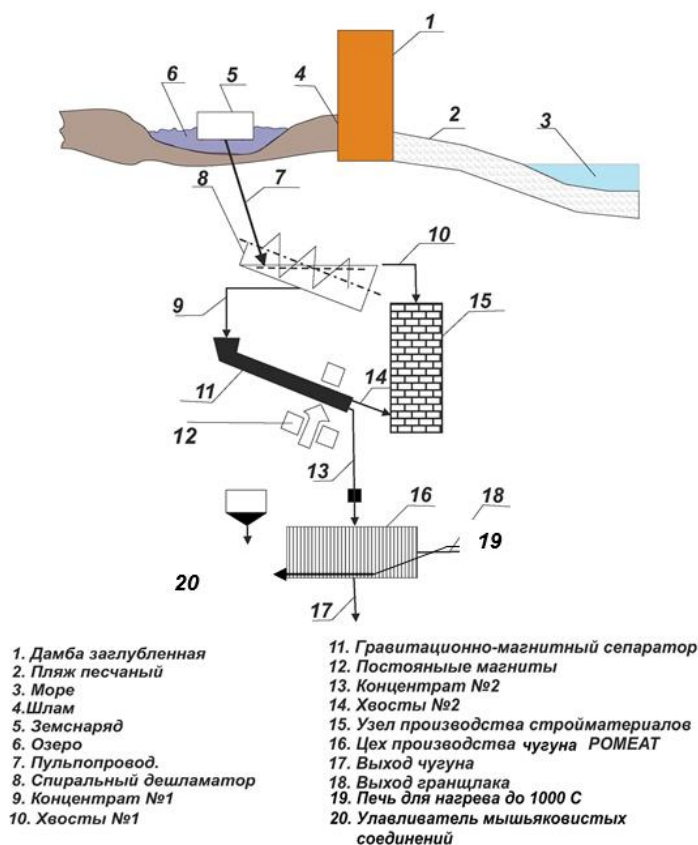


Рис.3. Технологическая схема экспериментального комплекса переработки шламов Камыш-Бурунского ЖРК

Перед началом работ по инновационной технологии переработки шламов, содержащих слабомагнитные окисленные руды нескольких типов (в основном - гематит), а также марганец, хром, ванадий, высокотоксичные примеси мышьяка и фосфор, необходимо построить заглублённую дамбу (1) из материала шлама с добавкой цемента. Дамба должна надёжно и на длительный период в будущем предотвращать проникновение из переработанных шламов остатков железа и остатков (до 10%) ядовитых примесей, особенно мышьяка, в окружающую среду. Для дезинтеграции (распульповывания) лежалых шламов без последующего применения шаровой мельницы предложено применение земснаряда (5), оснащённого гидропушкой и пульпонасосом. Забор воды производится из озера (6). Пульпа плотностью около 1,2 т/м³ (контролируется гамма-абсорбционным плотномером) по трубопроводу (7) диаметром около 0,5 м подаётся на вход спирального дешламатора (8). На выходе дешламатора (9) образуется концентрат №1 (концентрация железа составляет 30÷35%), а на выходе (10) - хвосты №1, содержащие глину и другие растворенные примеси. Концентрат №1 подаётся на вход гравитационно-магнитного сепаратора (11) с добавлением определённого количества воды.

Инновационные решения по способу гравитационно-магнитной сепарации (в сильномагнитном поле) позволяют получать на выходе из сепаратора (12) концентрат №2, с концентрацией железа 50-60%, в зависимости от дальнейшего назначения этого концентрата. Результаты сравнительных испытаний магнитных сепараторов и предлагаемого гравитационно-магнитного сепаратора приведены в таблице 3.

Таблица 3

Результаты сравнительных испытаний сепараторов шлама железорудных карьеров с исходным содержанием гематита – 15,2 %, магнетита – 4,9%

Тип сепаратора, производительность (т/ч)	V _{макс.} , Тесла	C _{вых} железа, %	K _{извл.} , %	Примечания, выводы
Серийный электромагнитный с двумя щелевыми роторами 6ЭРМ-35/315 (100,0)	1,2 (в щели 4-5 мм)	40,0	60,0	Флокуляция магнита, забивание щелей через 2-3 часа работы. Применение невозможно
Серийный электромагнитный с двумя индукционными валами 2ЭВМ-30/100 (20,0)	1,3 (в щели 6-8 мм)	45,0	65,0	Флокуляция. Применение невозможно
Мелкосерийный на постоянных магнитах (Патент Украины №35078) УИФП (10,0)	0,4 (в щели 10 мм)	50,0	45,0	Требуется доработка с применением гравитационной силы и регулируемой индукцией магнитного поля в пределах 0,4-1,0 Тл
Инновационный гравитационно-магнитный на постоянных магнитах ГМС (100,0)	0,5 0,8	63,0 50,0	75,0 90,0	Рекомендуется к применению с передачей концентрата в технологию «РОМЕЛТ» по производству чугуна

В данном случае, концентрат подаётся на вход цеха (16) по производству чугуна из бедных железных руд с концентрацией железа > 50% (технология МИСиС РОМЕЛТ. Стоимость цеха, производительностью около 2 млн т/год, составляет около 13 млрд руб). Предварительно концентрат нагревается до $t=1000^{\circ}\text{C}$ (для улавливания мышьяка).

В цехе производится выгрузка слитков чугуна, а на выходе (18) - выгрузка граншлака, содержащего фосфорные соединения (до $2,5\div 3,0\%$ фосфора), пригодного для производства удобрения (после измельчения).

Т.о. технология является практически безотходной. На выходе (10) сепаратора по фронту слива стекают хвосты №2. Хвосты №1 и №2 подаются на вход узла производства стройматериалов (15) (тротуарная плитка, строительные блоки т.к. и при добавлении цемента). Соединение мышьяка передаются после улавливания на заводы по производству чистого мышьяка.

Предварительные расчёты показывают, что весь шлам, в количестве около 60 млн. тонн, может быть переработан по такой технологии в течение 10 лет. Территория будет приведена в экологически безопасное состояние с получением прибыли до 500 млн долларов (~30 млрд. руб.) только за счёт извлечения железа.

Выводы:

1. Предложенная технология переработки отвалов Камыш-Бурунского комбината позволяет на 1-й стадии извлечь полезные промышленные материалы (железо и другие металлы), а также уменьшить в 5-10 раз концентрации токсичных веществ в очищенной пульпе (хвостах).

2. Безопасные хвосты (обезвоженная пульпа до 30 млн. т) могут длительно храниться на одном из двух хвостохранилищ с оборудованными блочными барьерами и использоваться в качестве наполнительного материала при изготовлении различных железобетонных конструкций или при производстве цемента, до полного израсходования.

3. При наличии плавильных печей (2-я стадия переработки) при получении чугуна дополнительно, в качестве побочного продукта, образуется граншлак, пригодный для использования в качестве фосфорных удобрений. Кроме того, может быть извлечен и отправлен на специализированные предприятия РФ мышьяк.

4. Предлагаемая технология может быть взята за основу на других железнорудных комбинатах, что позволит значительно снизить воздействие на окружающую среду отходов их производства.

5. Создание крупного регионального территориально-промышленного комплекса для глубокой переработки вторичных ресурсов Камыш-Бурунского ЖРК будет способствовать созданию дополнительных рабочих мест в этом регионе.

Список литературы:

1. Ланин В.И. Экологическая опасность железистых продуктов в Нижне и Верхне-Чурбашском хвостохранилище ЖРК. [Электронный ресурс] // Экология. -2017, №43: <http://sci-article/snau.php?i=1488021864/> (дата обращения 17.04.2019)
2. Effective beneficiation of low grade iron ore through jigging operation / B. Das, S. Prakash, S.K. Das, P.S.R. Reddy // Journal of Minerals & Materials Characterization & Engineering. – 2007. – Vol. 7, № 1. – с. 27-37.
3. Авдохин В.М. Современное состояние и основные направления развития процессов глубокого обогащения железных руд / В.М. Авдохин, С.Л. Губин // Горный журнал. – 2007. – №2. – с. 58-64.
4. Губин С.Л. Разработка и обоснование метода обогащения магнетитовых кварцитов с применением обратной катионной флотации модифицированными аминами в колонных машинах / Дисс ... канд. техн. наук. – М., 2007. - 162 с.

5. Шумская Е.Н. Разработка эффективной технологии обогащения окисленных железистых кварцитов / Е.Н. Шумская, О.Ю. Поперечникова // Горный журнал. – 2012. – №11. – с. 52-55.
6. Filippov L.O. An overview of the beneficiation of iron ores via reverse cationic flotation / L.O. Filippov, V.V. Severov, I.V. Filippova // International Journal of Mineral Processing. – 2014. – 127. – с. 62-69
7. Поперечникова О.Ю. Модернизация и совершенствование технологических процессов обогащения железистых кварцитов // Глобус. – 2014. - №1 (30). – с. 36-38.
8. Поперечникова О.Ю. Разработка технологии обратной катионной флотации окисленных железистых кварцитов / Дисс ... канд. техн. наук. – Москва, 2017. – 157 с.
9. Говор В.Н. Устройство для извлечения ферромагнитных примесей / В.Н. Говор, Ю.В. Ковдра, В.В. Кравченко, Л.Г. Мещеряков / Патент Украины UA 35078 А от 10.08 1999. – Бюлл. №2, 2001

**TECHNOLOGY OF PROCESSING OF DUMPS OF KAMISH-BURUNSK
IRON-ORE COMBINE WITH EXTRACTION OF USEFUL
INDUSTRIAL MATERIALS AND TRANSLATIONS
TAIL TRADE IN ENVIRONMENTALLY SAFE OBJECT**

N.I. Kovalev¹, V.V. Kravchenko², L.I. Lukina¹, A.M. Akimov¹, S.V. Soldatova¹

¹*Sevastopol State University, Sevastopol, 299053, Russia,*

e-mail: kowalew49@yandex.ua

²*Research Institute of Agriculture, Simferopol*

Abstract

The technology of complex processing of dumps, including gravity-magnet separation, of two tailings of the Kamysh-Burunsky iron-ore plant, which contain industrial volumes of useful components: iron in the form of hematite, phosphorus, suitable for the production of fertilizer, non-ferrous metals (vanadium, chromium, manganese, zinc), as well as arsenic. In the process of extracting useful components of the tailings will be transferred to ecologically safe objects.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОДЗЕМНЫХ СКВОЗНЫХ ВОДОНОСНЫХ ПОТОКОВ ПРЕСНЫХ ВОД НА ТЕРРИТОРИИ АР КРЫМ

Н.И. Ковалев¹, Л.И. Лукина¹, В.С. Паштецкий², В.В. Кравченко²,
С.В. Солдатова¹, Л.А. Фролова¹

¹ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,
г. Севастополь, 299053, Россия, e-mail: kowalew49@yandex.ua

²НИИ «Сельское хозяйство Крыма»

Введение. Водообеспечение населения степного, северного и северо-восточного Крыма является актуальной проблемой. Разведанные ресурсы подземных пресных вод в Крыму изучены до глубин 200÷250 м [44, 47, 55, 62]. На больших глубинах (>400÷1200 м.) исследования по поиску подземных вод не проводились, оценка объёмов субмаринных глубинных стоков не выполнялась. Исходя из этого, общие ресурсы подземных пресных вод в Крыму были оценены не в полном объёме и значительно занижены.

Известно, что поиски полезных ископаемых на глубинах более 400 м традиционными геолого-изыскательскими способами требуют серьёзных финансовых затрат. В соответствии с принятыми технологиями поиска подземных вод необходимо выполнять сейсморазведку, магниторазведку и бурение не менее 20-ти разведочных скважин до глубин 1,0÷1,2 км. При этом объёмы финансирования только одной скважины до глубин 1000 м могут составить не менее 50-ти миллионов рублей. Срок выполнения геологических работ на больших площадях традиционными технологиями большой и может составить не менее 1,5÷2,0 лет.

Альтернативным способом поиска полезных ископаемых, в том числе подземных вод, является использование резонансно-тестового дистанционного комплекса «Поиск». Ранее, в период 2004÷2017 гг. проведено более около 20 поисково-геологических исследований по изучению подземных питьевых и геотермальных вод, которые выполнены на засушливых территориях различных стран (Монголия, Кипр, Мавритания, ОАЭ, Турция, Австралия, Иран, Украина, РФ и др.) с применением разработанной аппаратуры геофизического комплекса «Поиск» [13, 28, 32, 33]. Результаты поисковых работ были подтверждены бурением скважин. При выполнении этих работ выявлены девятнадцать высокотемпературных вторичных подземных очагов потухших вулканов, в которых происходит формирование крупных потоков подземных питьевых и геотермальных вод. Показано, что высокотемпературные магматические очаги представляют собой природные опреснители морской воды, которые функционируют круглый год и относятся к дополнительным возобновляемым источникам пресной воды. Выявлены и подтверждены крупные потоки подземных пресных вод шириной до нескольких километров, пролегающие в недрах засушливых районов и пустынь на глубинах от 300 до 1000 м. Некоторые из них имеют большую протяженность, пересекают территории пустынь Сахары, Гоби, Аравийской, либо территории нескольких смежных государств. Эти потоки затем впадают в моря, океаны на различных глубинах или выклиниваются в крупные пресные озера. Три аналогичных очага были установлены на побережье Чёрного моря, два из них находятся в Крыму [34, 73].

Цель работы: проведение гидрологических исследований с применением аппаратуры дистанционного геофизического комплекса «Поиск» трех участков территории южного, центрального и северного районов Крыма общей площадью около 3000 км² (для определения сквозных потоков подземных пресных и геотермальных вод, залегающих на глубинах от 350 м до 1000 м.

Для достижения поставленной цели осуществлен поиск скопления подземных вод на обследуемой территории современными дистанционными средствами геологоразведки с использованием геокосмических средств поиска полезных ископаемых, включающих резонансно-тестовую полевую ЯМР-аппаратуру «Поиск» и авторской способ расшифровки аналоговых космических фотоснимков для первичной визуализации границ потоков подземных вод на больших глубинах (до 1500 м) (разработка СевГУ), а также инновационные электроразведочные методы поиска (НИИ с/х Крыма).

Результаты исследований. С применением полевой аппаратуры детально исследованы три участка в южном, центральном и северном районах Крыма (площади участков 460 км², 640 км², 600 км²). Маршруты обследования показаны на Космическом фотоснимке, рис.1.

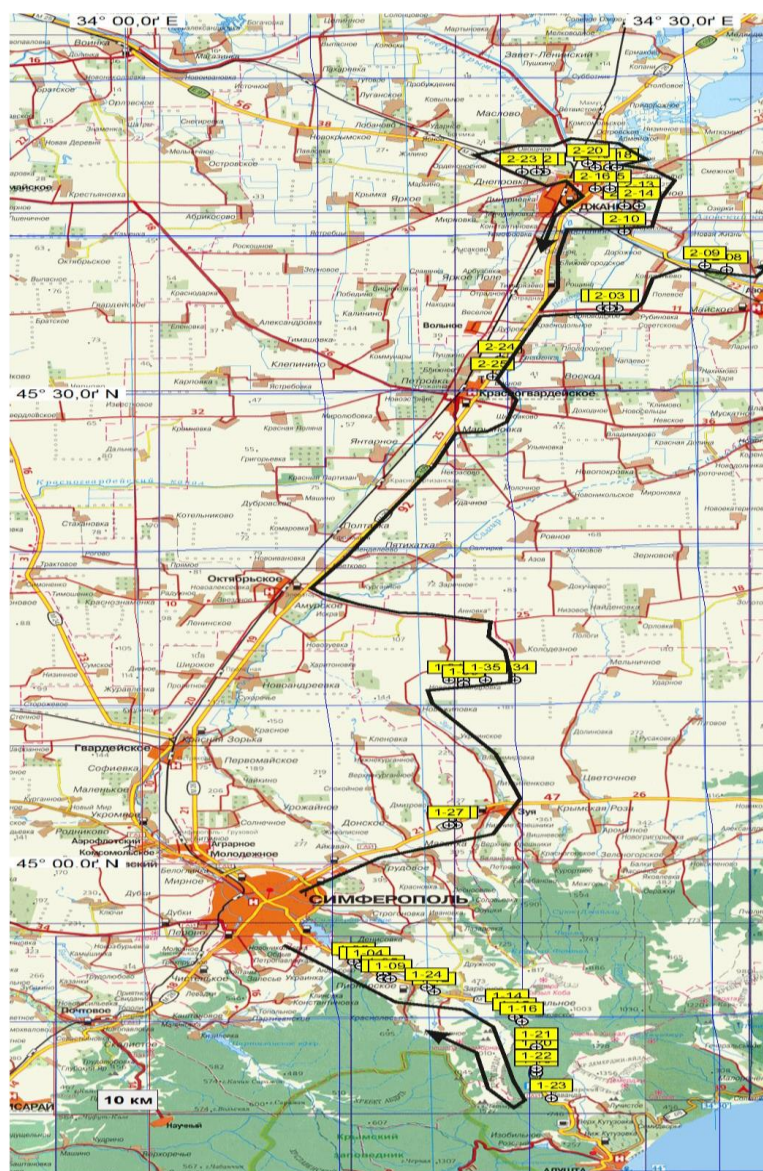


Рис. 1. Маршруты движения автотранспорта с аппаратурой дистанционного геофизического комплекса «Поиск» при обследовании территории южного, центрального и северного районов Крыма общей площадью около 3000 км²

Космические фотоснимки обследованных территорий представлены на рисунках 2-5. Измерения выполнялись с применением мобильной геофизической аппаратуры «Поиск», установленной на автотранспорте.

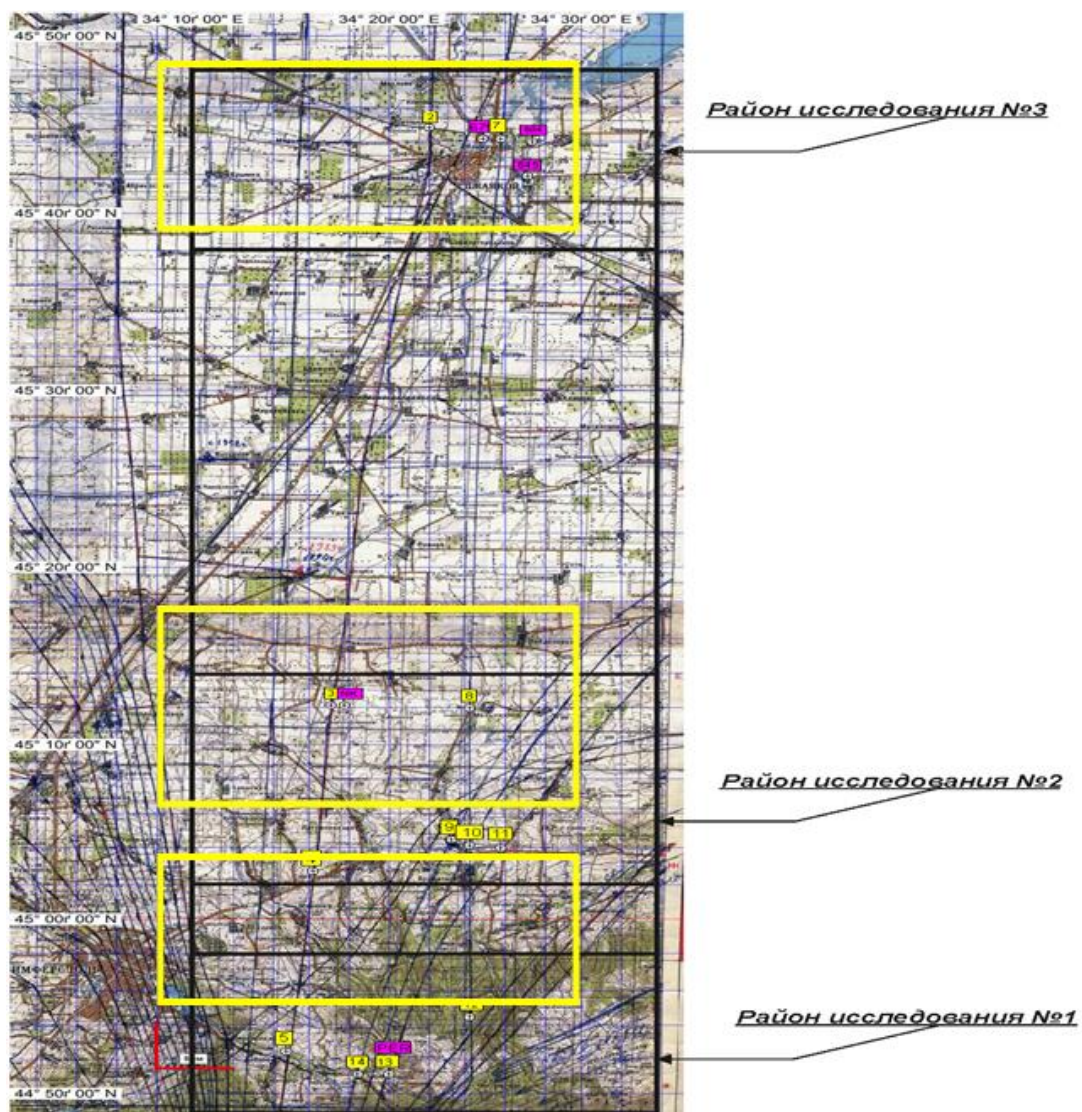


Рис. 2. Районы исследования сквозных потоков подземных вод, залегающих в тектонических разломах, простирающихся от Горного до Северного Крыма

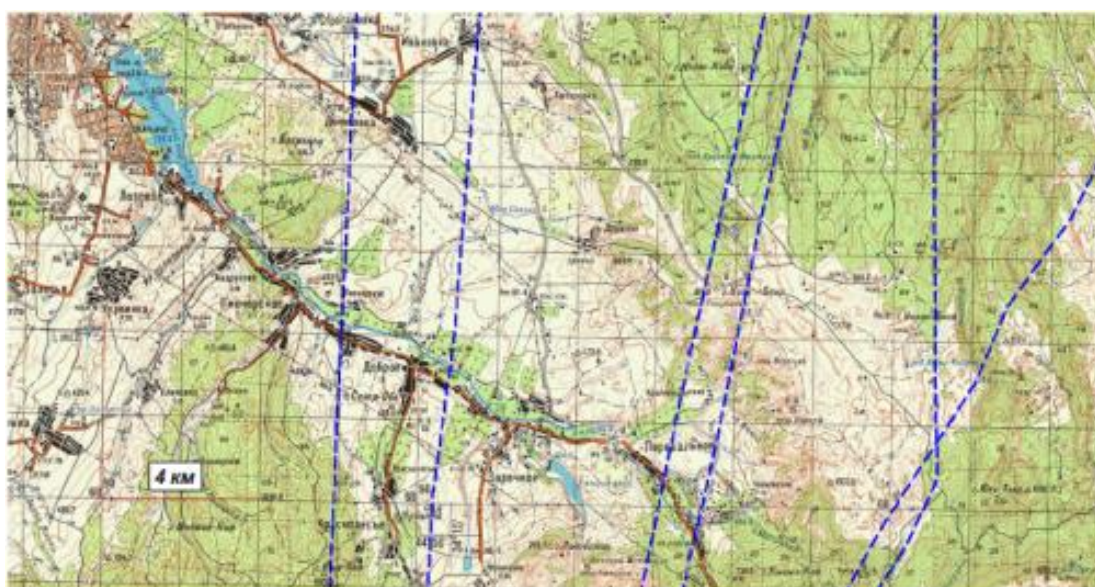


Рис. 3. Предполагаемые потоки подземных вод, выявленные на территории района №1



Рис. 4. Предполагаемые потоки подземных вод, выявленные на территории района №2



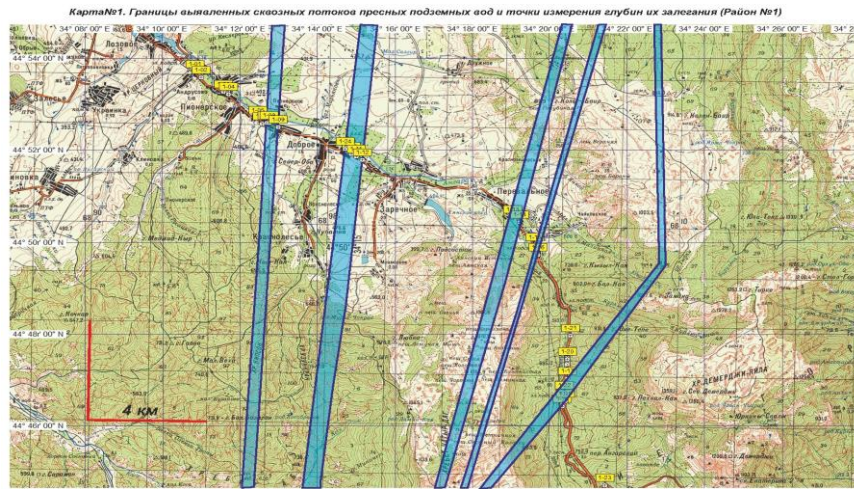
Рис. 5. Предполагаемые потоки подземных вод, выявленные на территории района №3

При помощи резонансно-тестовой аппаратуры были уточнены границы контуров двух сквозных потоков подземных вод, измерена их ширина, количество горизонтов в потоке, а также глубины залегания каждого водоносного горизонта в точках измерения (выбирались в центральной части потока). Кроме того, измерялись температура воды в каждом водном горизонте и типы пород водоносных коллекторов.

Ширина исследуемых двух потоков подземных вод в точках измерения (на участке №1) составила от 470 м (поток №1) до 500 м (поток №2) (рис.6а), на расстоянии более 45 километров от участков их формирования (участок №2) составила соответственно – от 300 м и 320 м (рис.6б), а в районе участка №3 (северный Крым) их ширина значительно расширилась и составила в каждом потоке более 1000 м (рис.6в).

Установлено, что восточнее г. Джанкоя поток №2 расширяется с 1,0 км до 1,6 км, образуя крупную подземную водонасыщенную линзу шириной 1,6 км и длиной 2,5 км в которой расположены скважины с самоизливом (с. Победное и с. Изумрудное). Скважины действующие, избыточный напор в самоизливе обеспечивает заполнение водонапорных башен высотой 8 м ($\Delta P = 0,8 \text{ кг/см}^2$). Западнее г. Джанкоя об-

наружена водонасыщенная линза с диаметром ~ 1,8 км. В каждой подземной линзе может находиться до 30 млн.т пресной воды (без учёта пополнения из напорных горизонтов). Вблизи с. Новоалександровка обнаружена округлая водоносная линза диаметром примерно 4 км, мощностью коллектора -650 м, имеется скважина с самоизливом ($\Delta P=0,8$ кг/см²).



а



б



в

Рис. 6. Границы выявленных подземных потоков в изучаемых районах:
а – участок 1; б – участок 2; в – участок 3.

Дополнительно обнаружен крупный тектонический разлом, заполненный пресной водой и простирающийся в северо-восточном направлении. Ширина подземного

потока ~1,5 км. Перед разгрузкой подземных вод в Азовское море (в районе с. Просторное) в границах потока образована крупная линза (шириной 1,0 км, длиной ~3 км). В границах данной линзы водоносные горизонты имеют перетоки пресных вод из напорных нижних горизонтов в верхние горизонты, вплоть до подруслового потока на глубине 50÷150 м. На этом участке создан крупный водозабор подземных вод с отбором из нескольких скважин более 60 000 т воды в сутки. Общий водоносный коллектор третьего горизонта составляет 850 м.

Можно предположить, что благодаря перетоку воды из подземных напорных (нижних) горизонтов в верхний горизонт происходит непрерывное пополнение значительных объёмов пресных вод, которые, смешиваясь с подрусовыми водами, обеспечивают высокое качество отбираемых пресных вод в течение всего года.

Данные потоки подземных пресных и геотермальных вод движутся по сквозным тектоническим разломам через всю территорию обследуемых участков и затем осуществляют разгрузку своих пресных вод в виде субмаринных вод в Азовское море. На рис. 7 приведена карта-схема движения подземных потоков в обследованных районах. На всём протяжении разломов они заполнены подземными пресными водами, залегающими на глубинах от 400 м до 1100 м (три водоносных горизонта).



Рис. 7. Карта-схема движения подземных потоков в обследованных районах Крыма

Учитывая тот факт, что обследуемые сквозные потоки напорных подземных пресных вод, находящихся в сквозных тектонических разломах, имеют непрерывную круглогодичную субмаринную разгрузку в Азовское море, следует признать, что значительные ресурсы подземных вод безвозвратно теряются. Доля субмаринного стока только по одному тектоническому разлому (ширина 1,5 км, мощность коллектора -350 м, $\Delta\rho=0,8 \text{ кг/см}^2$) может составлять от 1,0 до 1,5 млн.м³/сутки.

Количество глубинных тектонических разломов в Крыму, заполненных напорными пресными водами, по предварительной оценке, составляет более двадцати. Результаты выполненных полевых работ подтверждаются пробуренными скважинами, находящимися в границах данных потоков (с глубинами бурения 500 м, 800 м и 1030 м). Отобранные пробы воды из трех действующих скважин с самоизливом показали высокое качество подземных вод, пригодных для питьевого водообеспечения.

Детальные исследования двух подземных потоков пресных вод подтвердили формирование их в горном Крыму на глубинах более 380 м (первый горизонт) и 1000 м (второй горизонт), воды которых движутся по крупным тектоническим

сквозным разломам через территории центрального (степного) и северного Крыма и затем осуществляют субмаринную разгрузку своих вод в Азовское море.

Выводы:

1. Проведённые исследования с применением современных дистанционных средств геологоразведки и геофизической аппаратуры «Поиск» позволили подтвердить один из новых механизмов природного образования подземных пресных и геотермальных вод в горном Крыму вблизи вторичных высокотемпературных очагов потухших вулканов, расположенных на побережье Чёрного моря. Установлено, что высокотемпературные магматические очаги представляют собой природные опреснители морской воды, которые функционируют круглый год и относятся к дополнительным возобновляемым источникам пресной воды в Крыму.

2. Выполненные полевые работы с применением геокосмических технологий и полевой геофизической аппаратуры «Поиск» на трех участках центрального и северного районов Крыма позволили получить важные геологические характеристики залегания двух сквозных водоносных напорных потоков глубинных подземных вод (ширина, глубина залегания, количество и мощность горизонтов, температура геотермальных вод, направление их движения, места перетечки между водоносными горизонтами, место их разгрузки в Азовское море), которые перемещают пресные воды по глубинным сквозным субрегиональным тектоническим разломам простирающиеся от подножья Крымских гор до Азовского моря.

3. При детальном исследовании двух сквозных тектонических разломов, установлено по два напорных водоносных горизонтов пресных вод, залегающих на глубинах от 400 м до 1000 м, которые пересекают крупный водоносный район Крыма условно назван Салгирским (по названию реки Салгир)

4. Результаты полевых геофизических работ подтверждаются многочисленными пробуренными скважинами в границах выявленных подземных напорных потоков пресных и геотермальных вод. Химический анализ воды из данных скважин с самоизливом подтверждает высокое качество пресных и геотермальных вод, их пригодность для питьевого водообеспечения населения и орошения сельхозугодий.

5. При детальном обследовании двух выбранных сквозных тектонических разломов (протяженностью >120 км) установлено, что на закарстованных участках территории имеются перетечки воды из нижних напорных горизонтов в верхние (на глубины до 400 м ÷ 450 м, с. Новоалександровка) и даже в подрусловое потоки (на глубины 50 м ÷ 150 м, с. Просторное, у действующего водозабора), где образуются крупные водонасыщенные линзы с диаметром до 2^х ÷ 4^х м км и общим водоносным коллектором до 550 м ÷ 650 м («Красные пещеры»; с. Новоалександровка, с. Просторное, г. Джанкой).

6. Предварительные расчёты показывают, что в крупных водонасыщенных закарстованных линзах может содержаться до 30 ÷ 50 млн.т. пресных вод (без учёта непрерывной их подпитки), а по сквозным тектоническим разломам происходят значительные утечки подземных пресных вод в виде субмаринных разгрузок в Азовское и Чёрное море, объёмы которых значительно превосходят используемые в настоящее время ресурсы подземных вод в Крыму.

7. Сеть глубинных тектонических разломов на территории Крыма может рассматриваться как природные подземные «водоносные каналы» по непрерывной доставке подземных вод в различные районы. Данные каналы не требуют финансовых затрат на их постройку и обслуживание.

8. Карты Крыма с крупными подземными потоками пресных и геотермальных вод могут быть созданы по результатам дальнейших работ и найти применение для технико-экономического обоснования коммерческих проектов по использованию подземных возобновляемых водных ресурсов для питьевого и сельскохозяйственного водообеспечения в различных районах Крыма.

9. Целесообразно продолжить работы по изучению сквозных тектонических разломов в выбранном Салагирском водоносном районе по установлению закономерностей образования наземных и подземных водных ресурсов, оценки объемов перетечек напорных подземных вод из глубинных горизонтов в верхние водоносные горизонты, а также для оценки объемов субмаринных разгрузок подземных вод в Азовское море по сквозным глубинным тектоническим разломам.

Работа выполнена при финансовой поддержке Правительства РФ по соглашению № 2217-р от 31.10.2015, задание №0834-2015-0002 «Развитие методологии интегрального управления водными ресурсами и водохозяйственным комплексом республики Крым в современных условиях»

Список литературы:

1. В.Д. Приблуда, А.А. Коджаспиров, В.Н. Дублянский. Баланс подземных вод юго-западной части Горного Крыма // Геол. журн., № 2, 1979. - С. 38-46.
2. Формирование эксплуатационных ресурсов подземных вод платформенных структур Украины. (А.Е. Бабинец, Б.В. Боровский, Шестоपालов В.М. и др. - Киев: Наук. думка, 1979. - 216 с.
3. Лущик А.В., Юровский Ю.Г. и др. Изучение режима подземных вод Горного Крыма и прогноз изменений гидрогеологических условий за 1993-1995. - Симферополь, ИМР, 1996.
4. Г.Д. Неклюдов и др. Сводный отчет по изучению режима подземных вод Горного Крыма за 1971-1980. - Симферополь, Крымская гидрогеологическая экспедиция объединения «Крымгеология», 1981.
5. Н.И. Ковалев, В.А. Пухлий, С.В. Солдатова Применение дистанционного геофизического комплекса «Поиск» (Решение инженерных и геолого-поисковых задач), Монография, Palmarium Academic Publishing, (Германия), Дюссельдорф, 2016, 170 с.
6. Н.И. Ковалев, В.А. Гох. П.Н. Иващенко и др. Технический отчет «Дистанционный поиск и оконтуривание участков подземных питьевых вод в северной части Эфиопии с помощью аппаратуры комплекса «Поиск». Шифр «Поток-5/Э», СНУЯЭиП, г. Севастополь, 2010.- 40 с.
7. Н.И. Ковалев, В.А. Гох. и др. Отчет по договору №06/08-2008 г. «Дистанционное определение контуров развития подземных вод в Шинэ-Усны-Гоби на территории Мандах Сомона Дорногобийского аймака Монголии», СНУЯЭиП, 2008. – 65 с.
8. Н.И.Ковалев, А.М.Акимов, Е.М.Филиппов, С.В.Солдатова, Л.А.Фролова. Отчет НИР «Проведение научно-изыскательских работ по выявлению и оценке термальных вод в районе г.Улаанбаатор (Монголия) с помощью аппаратуры дистанционного резонансно-тестового комплекса «Поиск»». Шифр «Поток-3Г», СНУЯЭиП, г. Севастополь, 2014. - 68 с.
9. Н.И.Ковалев, А.М.Акимов, Е.М.Филиппов, С.В.Солдатова, Л.А.Фролова Отчет НИР «Дистанционное определение контуров развития подземных вод на территории блока №7 Южно-Гобийского аймака Монголии», шифр «Поиск-3», СНУЯЭиП, г. Севастополь, 2014. - 55 с.
10. Н.И. Ковалев Исследования механизма образования подземных пресных вод вблизи магматических очагов затухших вулканов с применением аппаратуры дистанционного резонансно-тестового комплекса «Поиск» / Ковалев Н.И., Гох В.А., Солдатова С.В., Иващенко В.Н., Белявский Г.А. // Труды межрегионального семинара «Экология и космос» им. академика К.Я. Кондратьева, Военно-космическая академия им. Можайского, С-Петербург, 2014, С.173-185.
11. Ковалев Н.И. Влияние вторичных магматических очагов потухших вулканов на образование подземных пресных вод / Н.И. Ковалев, Л.И. Лукина, Г.А. Белявский, С.В. Солдатова // Материалы научно-практической конференции с между-

народным участием «Экологическая промышленная и энергетическая безопасность». - Сб. СевГУ, 2017. - С. 633-639.

RESEARCH OF UNDERGROUND THROUGH WATER FLOWS OF FRESH WATER IN THE TERRITORY OF THE AUTONOMOUS REPUBLIC OF CRIMEA

**N.I. Kovalev¹, L.I. Lukina¹, V.S. Pashtetsky², V.V. Kravchenko²,
S.V. Soldatova¹, L.A. Frolova¹**

¹Sevastopol state university, Sevastopol, 299053, Russia,

e-mail: kowalew49@yandex.ua

²Research Institute of Agriculture Simferopol

Abstract

Groundwater freshwater aquifers have been experimentally verified and studied in detail on an area of 3000 km² in the southern, central and northern regions of Crimea using remote aerospace tools of geological exploration and field geophysical equipment. Three plots of 450 km², 640 km² and 600 km² were studied in detail. The direction of movement of two through groundwater streams is estimated, their depths, aquifer thickness and other characteristics of groundwater are determined. These streams of underground fresh and geothermal waters move through tectonic faults across the entire territory of the surveyed areas and then discharge their fresh waters in the form of submarine waters into the Sea of Azov. The obtained data was confirmed by the selection of groundwater from previously drilled and operating wells located in these streams (wells with self-outflow).

УГЛЕРОД- И КРЕМНИЙСОДЕРЖАЩИЕ СОРБЕНТЫ ИЗ ОТХОДОВ ПЕРЕРАБОТКИ РИСА ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ ИЗ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ВОД

**А.В. Ковехова^{1,2}; О.Д. Арефьева^{1,2}; Л.А. Земнухова¹; Н.В. Макаренко¹;
М.С. Ремнев²**

¹*Институт химии ДВО РАН, г. Владивосток, 690050, Россия*

²*Дальневосточный Федеральный университет, г. Владивосток, 690950, Россия,
e-mail: kovekhova.av@dvfu.ru*

Негативное воздействие компонентов нефти и нефтепродуктов на окружающую среду широко известно, так как нефть и продукты ее переработки являются доминирующими поллютантами, попадающими в объекты окружающей природной среды. Несоблюдение природоохранного законодательства в области использования данных видов топливно-энергетических ресурсов может привести к изменению химического и микробиологического состава почв, загрязнению поверхностных и подземных вод, морских акваторий и атмосферы [2]. Попадание нефтепродуктов в водные объекты нарушает кислородный баланс между атмосферой и гидросферой, снижает концентрацию растворенного кислорода, вызывает гибель гидробионтов и др. [1]. Нефтепродукты могут поступать во внутренние водоёмы (реки, озёра), являющиеся источниками питьевого водоснабжения [3].

Рис выращивают более шестидесяти стран мира, при этом годовой объем его сбора составляет порядка 100 млн. тонн. В процессе переработки каждые 50-ти кг риса-сырца накапливается в среднем 10 кг рисовой шелухи. Таким образом, при годовом урожае в 1 млн. тонн образуется 200 тыс. тонн рисовой шелухи. В связи с этим перед обрабатывающими заводами остро стоит проблема использования рисовой шелухи и соломы. Одним из перспективных направлений использования отходов производства риса – это получение сорбционных материалов для удаления загрязнителей различной природы из сточных вод.

Цель работы – изучить удаление неэтилированного бензина (АИ-92) и растворенных нефтепродуктов из водных растворов углерод- и кремнийсодержащими материалами из рисовой шелухи и соломы.

Для извлечения неэтилированного бензина (АИ-92) из водных растворов были использованы углерод- и кремнийсодержащие материалы, полученные из шелухи (РШ) и соломы (РС) риса по схемам, представленным в таблице 1, а также кремнеуглеродный сорбент ТШР, полученный по технологии Института химии ДВО РАН.

Поглощение неэтилированного бензина (АИ-92) с водной поверхности проводили (на различных сорбентах таблица 1) в статических условиях при температуре 25 °С. Навеску сорбента массой 0,8 г помещали в коническую колбу с 30 мл воды и 20 мл неэтилированного бензина. Затем колбы встряхивали на перемешивающем устройстве Unimax 1010 (Heidolph, Германия) в течение 30 мин для установления равновесия. После контактирования сорбент отделяли фильтрованием, а жидкость собирали в мерные цилиндры для измерения остаточных объемов воды и неэтилированного бензина.

Для исследования зависимости степени поглощения неэтилированного бензина с водной поверхности от массы сорбента переменные количества сорбента К-РШ (0,2-0,8 г) добавляли к серии проб воды (30 мл) и неэтилированного бензина (20 мл). Все системы помещали в конические колбы с и перемешивали при температуре 25 °С на перемешивающем устройстве в течение 0,5, 1,0, 2,0, 5,0, 15,0 и 30 минут.

Таблица 1

Схемы получения сорбентов из шелухи и соломы риса

Образец	Схема получения
Аморфный диоксид кремния из РШ (схема 1)	обжиг РШ при 650 °С, 3 ч
Аморфный диоксид кремния из РС (схема 1)	обжиг РС при 650 °С, 3 ч
Углеродсодержащий сорбент из волокнистого остатка рисовой шелухи (ТВП-РШ)	гидролиз РШ 1 М NaOH, т:ж=1:13, 1 ч, 90 °С, далее обжиг при 400 °С*
Углеродсодержащий сорбент из волокнистого остатка рисовой соломы (ТВП-РС)	гидролиз РС 1 М NaOH, т:ж=1:13, 1 ч, 90 °С, далее обжиг при 400 °С*
Карбонизированная рисовая шелуха (К-РШ)	обжиг РШ при 400 °С, 2 ч*
Сорбент кремнеуглеродный ТШР	ТУ 2164-011-02698192-2006

*карбонизацию сырья проводили в алюминиевых конвертах, скорость нагрева 10 °С/мин. до финальной температуры и выдерживали при этой температуре два часа [4].

Извлечение растворенных нефтепродуктов изучали на модельных растворах, которые готовили эмульгируя 50 мл нефти в 2 л дистиллированной воды в течение 15 мин, далее раствор фильтровали через фильтр «белая лента». В 100 мл раствора вносили 1 г сорбента К-РШ и перемешивали в течение 5, 10, 15, 30 и 60 мин. После встряхивания определяли остаточное содержание растворенных нефтепродуктов на предварительно отградуированном анализаторе жидкости «Флюорат-02» (Россия) согласно [5].

Исследование поглощения неэтилированного бензина с водной поверхности образцами сорбентов из шелухи и соломы риса массой 0,8 г в течение 30 мин (таблица 2) показало, что наибольшее количество бензина извлекается образцом К-РШ. Поэтому его выбрали для дальнейших исследований.

Таблица 2

Поглощение неэтилированного бензина с поверхности воды сорбентами из отходов производства риса

Образец	Остаток, мл		Поглощение, мл	
	бензин	вода	бензин	вода
Аморфный диоксид кремния из РШ (схема 1)	10,0	23,0	10,0	7,0
Аморфный диоксид кремния из РС (схема 1)	12,0	22,0	8,0	8,0
Углеродсодержащий сорбент из волокнистого остатка рисовой шелухи (ТВП-РШ)	12,5	22,0	7,5	8,0
Углеродсодержащий сорбент из волокнистого остатка рисовой соломы (ТВП-РС)	8,0	27,0	12,0	3,0
Карбонизированная рисовая шелуха (К-РШ)	5,0	27,0	15,0	3,0
Сорбент кремнеуглеродный ТШР	6,0	27,0	14,0	3,0

В экспериментах с разной массой сорбента К-РШ было установлено, что наибольшее количество неэтилированного бензина извлекается с поверхности воды в среднем за 5 мин. Объем неэтилированного бензина, который может быть удален с водной поверхности, зависит от массы сорбента. Как видно из рисунка 1, наибольшее извлечение бензина наблюдается при использовании 0,8 г образца. Процент удаляемых углеводов достиг 25 %.

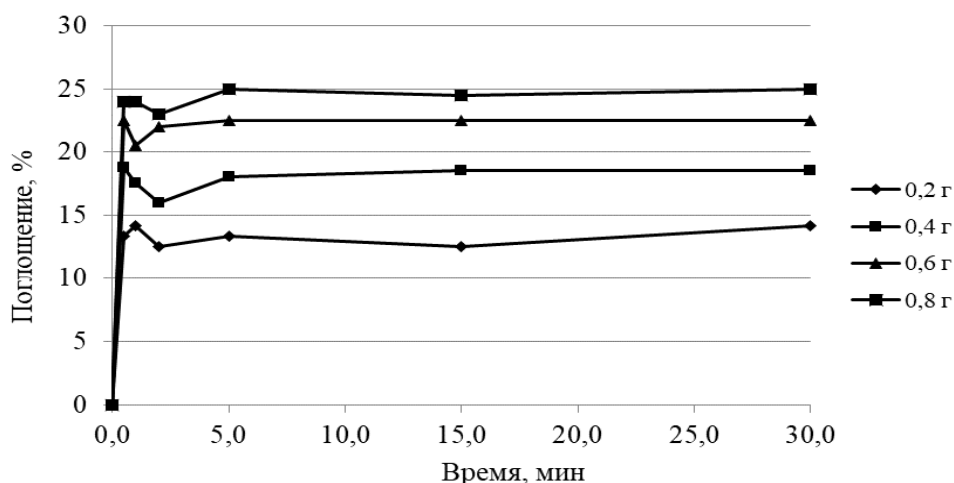


Рис. 1. Извлечение неэтилированного бензина (%) с водной поверхности в зависимости от времени образцом К-РШ

Нефть и нефтепродукты могут находиться в водной среде как в виде крупнодисперсных включений (капель и поверхностных пленок), так и в эмульгированном и растворенном состоянии. Извлечение растворенных в воде нефтепродуктов представляет собой достаточно сложную техническую проблему. В данной работе образец К-РШ был использован для удаления растворенных нефтепродуктов из воды. Кинетическая кривая сорбции растворенных нефтепродуктов показала, что сорбционное равновесие на ~ 90 % достигается через 15 мин после начала сорбции, т.е. этого времени достаточно для поглощения нефтепродуктов из водного раствора. При этом процент сорбции составил 71 %.

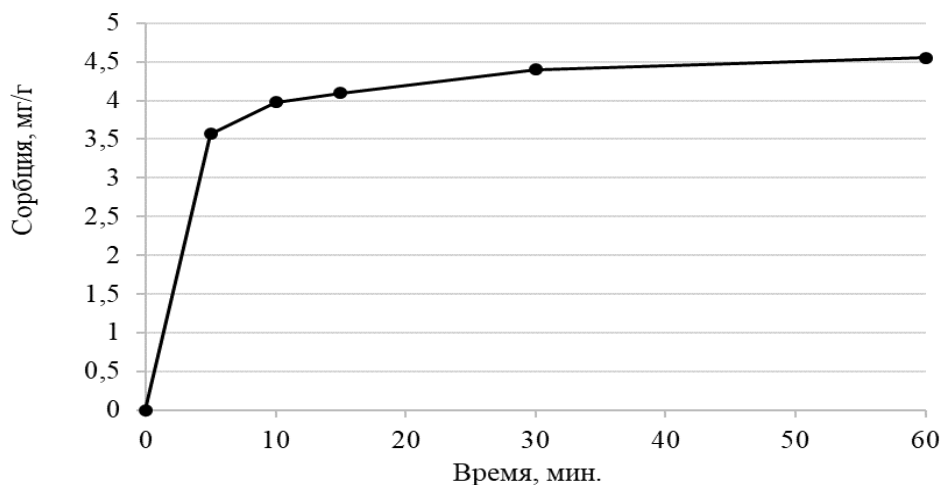


Рис. 2. Кинетическая кривая сорбции нефтепродуктов сорбентом из рисовой шелухи

Таким образом, в работе исследована сорбционная способность шести образцов углерод- и кремнийсодержащих продуктов переработки риса по отношению к нефтепродуктам. Показано, что наиболее эффективным сорбентом для удаления неэтилированного бензина с поверхности воды является карбонизированный образец из рисовой шелухи, с которым сходен продукт ТШР (ТУ 2164-011-02698192-2006), подготовленный ранее в ИХ ДВО РАН к производству. Изучены поглотительная способность данного образца по отношению к растворенным нефтепродуктам во времени.

Список литературы:

1. Шайхиев, И. Г. Очистка водных сред от нефти и масел отходом птицеводства – гусиным пухом / И. Г. Шайхиев, А. Н. Шмоткина, З. Т. Санатуллова // Вестник технологического университета. – 2016 – Т. 19, Вып. 14. – С. 180-183.

2. Долгополова, В. Л. Способы очистки морских акваторий от нефтяных загрязнений / В. Л. Долгополова, О. В. Патрушева // Молодой ученый. – 2016. – № 29. – С. 229-234.
3. Евдокимов, А. А. Проблемы нефтеводоочистки (информационно-аналитический обзор) / А. А. Евдокимов, А. В. Казаков // Образование, экономика, общество. – 2013. – № 5-6. – С. 52-54. 47.
4. Arnal, P. M. Baking sunflower hulls within an aluminum envelope in a common laboratory oven yields charcoal / P. M. Arnal // MethodsX. – 2015. – N 2. – P. 198-203.
5. ПНД Ф 14.1:2:4.128-98. Методика измерений массовой концентрации нефтепродуктов в пробе природных, питьевых, сточных вод флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат-02». – Утв. 07.08.2012 – М. – 2012. – 25 с.

**CARBON- AND SILICONCONTAINING SORBENTS FROM WASTE
PROCESSING OF RICE TO REMOVE THE OIL FROM
CONTAMINATED WATER**

A.V. Kovekhova^{1,2}, O.D. Arefieva^{1,2}, L.A. Zemnukhova¹, M.S. Remnev²

*¹Institute of Chemistry, Far-Eastern Branch, Russian Academy of Sciences,
Vladivostok, 690022, Russian Federation*

*²Far-Eastern Federal University, Vladivostok, 690950, Russian Federation,
e-mail: kovekhova.av@dvfu.ru*

Abstract

The negative impact of oil and oil products components on the environment is widely known, as oil and its products are the dominant pollutants falling into the objects of the environment. The paper studies the removal of unleaded gasoline (AI-92) and dissolved petroleum products from aqueous solutions of carbon - and silicon-containing materials from rice husk and straw. It is shown that the most effective sorbent for removing unleaded gasoline from the water surface is a carbonized sample from rice husk. In experiments with different weights of carbonized rice husks, it was found that the largest amount of unleaded gasoline is removed from the water surface in an average of 5 min. The amount of unleaded gasoline that can be removed from the water surface depends on the mass of the sorbent. In studies on the removal of dissolved petroleum products by the sample of carbonized rice husk from water, it was found that the sorption balance of ~ 90 % is achieved after 15 minutes after the start of sorption. The percentage of sorption is 71 %.

УДК 504.61

МОНИТОРИНГ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИБРЕЖНЫХ АКВАТОРИЙ АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКОГО БАССЕЙНА

Н.С. Кожина¹, Т.И. Андреевко^{1,2}, О.В. Медведев¹, К.Н. Сомик¹

¹ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,
Севастополь, 299053, Россия, e-mail: natalya15021@rambler.ru;

²ФГБУН «Институт морских биологических исследований имени А.О. Ковалевского
РАН», Севастополь, 299011, Россия, e-mail: tatyana-andreenk@mail.ru

В течение последних четырёх десятилетий произошла глубокая трансформация морских экосистем, поставившая перед государствами Черноморского региона серьёзные трансграничные экологические проблемы [1].

Современное состояние экосистемы Чёрного моря определяется ограниченной связью с Мировым океаном, зависимостью гидрологического режима от речного стока, отсутствием приливов, сероводородным содержанием глубинных слоев моря, относительно высокой биологической продуктивностью и мощным антропогенным процессом. На все перечисленные факторы накладываются ещё и квазипериодические климатообразующие процессы.

Стремительное увеличение антропогенной нагрузки с 70-х и 80-х гг. прошлого века превратило в богатую разнообразными жизненными формами черноморскую экосистему в деградировавшую систему с заметными изменениями в составе и обилии гидробионтов на видовом уровне, изменениями видовых сообществ и их взаимодействия на экосистемном уровне [1].

Наряду с указанными проблемами отмечается снижение рыбопромысловой продуктивности, химическое загрязнение, изменение биоразнообразия, разрушение биоценозов, внедрение видов – вселенцев.

Из большого количества видов антропогенного воздействия наибольший ущерб Черному морю наносят соединения азота и фосфора поступающие в большом количестве с удобрениями (речные стоки), коммунальные и промышленные сточные воды (поверхностные и канализационные). Переизбыток этих веществ вызывает эвтрофикацию, которая меняет структуру экосистемы Черного моря.

Эвтрофикация означает перенасыщение воды органическими веществами, что приводит к неконтролируемому развитию фитопланктона (сообщество растительных организмов). Фитопланктон является кормовой базой зоопланктона, которым питаются животные моря и так далее идет пищевая цепочка. Однако, бурное развитие фитопланктона приводит к так называемому «цветению воды» на поверхности, которое затеняя дно, приводит к гибели более крупных растений, тем самым нарушая пищевую цепочку, снижению кислорода в воде.

Аккумуляция органического вещества в водах Чёрного моря и их переработка экосистемами, особенно прибрежными, ускоряют и изменяют метаболические процессы и интенсифицируют обмен биогенов и органического вещества в продукционно-дистракционных процессах. Увеличение степени эвтрофикации ускоряет гетеротрофные процессы, увеличивает биомассу гетеротрофных микроорганизмов в сравнении с фитопланктоном и детритом, что обуславливает массовое развитие короткоцикловых видов, быстро преобразовывающих избыточное количество органики. Эвтрофикация является одним из факторов, приводящих к росту уязвимости экосистем и инвазиям чужеродных видов [2].

Для оценки влияния загрязнения необходимо учитывать течения Черного моря у берегов Крымского полуострова.

В Черном море существует основное замкнутое кольцо течения шириной от 20 до 50 миль, проходящее в 2-5 милях от берега против часовой стрелки, и несколько соединительных струй между его отдельными частями. Средняя скорость течения в этом кольце равна 0,5-1,2 узла, но при сильных и штормовых ветрах она может достигать 2-3 узлов. Весной и в начале лета, когда реки приносят в море большое количество воды, течение усиливается и становится более устойчивым [3].

От Керченского пролива течение идет вдоль крымских берегов. У южной оконечности Крыма происходит разделение. Основное течение уходит на север к устью Днепро-Бугского лимана, а часть его направляется к дунайским берегам. Приняв днепровские, а затем днестровские воды, основное течение направляется к Дунаю, а затем к Босфору [3].

Следовательно, течение несет загрязняющие вещества от Восточной части побережья Крымского полуострова к Западной его части и далее.

Загрязнение морской воды Восточной части переносится и способствует загрязнению морской среды в заповедных, особо охраняемых природных территориях (акваториях) Крыма, в первую очередь Карадагского заповедника, заповедного урочища Алчак-Кая и далее.

Длительное загрязнение прибрежной полосы моря из разных источников (хозяйственно-бытовые и промышленные сточные воды, морской транспорт, речной сток, ливневые воды, стекающие с населенных, промышленных и сельскохозяйственных территорий и пр.) приводят к необратимым воздействиям на морскую среду и представляет большую опасность для здоровья людей при использовании морских продуктов и акватории в целях рекреации. При этом без исследования гидрологии и гидрохимии прибрежных вод изучить поведение загрязняющих веществ и влияния различных источников загрязнения на экологическое состояние морской среды не представляется возможным.

Севастопольские бухты активно используются на протяжении более двух столетий в различных сферах народного хозяйства. Ранее акватории бухт служили источником морепродуктов, однако сейчас такое применение невозможно из-за высокого уровня загрязнения, которое определяется как широким спектром загрязняющих веществ, так и значительными их концентрациями, зачастую превышающими предельно допустимый уровень.

Это связано с тем, что в настоящее время возрос уровень антропогенной нагрузки на прибрежные районы, увеличилась численность населения, количество военных судов, активизировался туризм, при этом береговые ресурсы: энергетические, транспортные, водные, бытовые — остались большей частью на уровне прошлого века, а эффективное регулирование использования рекреационных ресурсов отсутствует. Также акватория служит коллектором для сброса сточных вод, где основной объем стоков сбрасывается без очистки. Тем самым в нее попадает огромный перечень загрязняющих веществ.

Обеспокоенность общественности загрязнением бухт Севастополя обусловлено неуклонным ростом экономических потерь в рыболовстве, туризме и других сферах деятельности. Меняются гидробиологические условия в бухте, оказывается влияние на баланс кислорода в атмосфере, а значит непосредственно на климат. Уменьшается первичная продукция моря — фитопланктон — своеобразный пищевой фундамент всей его жизни.

По всей видимости, перед руководством нашего города и страны в целом стоит очень важная задача — вернуть севавтопольским бухтам их природную чистоту и выйти на стандарты, определяемые Европейским сообществом.

Общественностью города Севастополя систематически поднимается вопрос о недопустимом увеличении случаев сброса неочищенных сточных вод в акваторию Черного моря. Основной причиной таких аварийных сбросов, в большинстве своем,

является эксплуатация морально устаревшего оборудования канализационно-очистных сооружений (КОС). Подавляющее большинство КОС Республики Крым и города Севастополя, осуществляющих сброс сточных вод в Черное море, введены в эксплуатацию в 1970-1980 годах и не подвергались капитальному ремонту и модернизации.

Объем сброшенных неочищенных сточных вод по канализационным очистным сооружениям, входящим в муниципальную собственность города Севастополя состоящих на балансе ГУПС «Водоканал» в 2017 г. ориентировочно составил 17,1 млн. м³.

Сегодня в неудовлетворительном состоянии находятся глубоководные выпуски очистных сооружений КОС № 1 «Южные» в городе Севастополь, КОС № 12 в посёлке Кача, а также канализационно-насосные станции (КНС) № 9 и № 10 в Балаклаве. Данный факт не только ведет к непрерывно ухудшающемуся состоянию водного объекта, но и наносит значительный урон индустрии туризма. Поступающие в Черное море загрязняющие вещества вносят значительные изменения в установившийся режим и нарушают равновесное состояние водных экологических систем.

В соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации от 11.08.2014 г. № 790 «Об утверждении федеральной целевой программы «Социально-экономическое развитие Республики Крым и г. Севастополя до 2020 года» (далее – Постановление) на территории Республики Крым и города Севастополя проводятся работы по реконструкции указанных сооружений.

Согласно Постановлению на мероприятия по обеспечению водоотведения на территории города Севастополя в период с 2015-2020 запланировано выделение средств на сумму 7690,49 млн. руб. Данные мероприятия включают в себя проектирование и строительство КОС «Южные», реконструкция действующих КНС на территории города Севастополя и иные мероприятия по обеспечению водоотведения.

На сегодняшний день проводится реконструкция КОС № 12 (пос. Кача, г. Севастополь) в соответствии с «Инвестиционной программой по развитию системы коммунальной инфраструктуры холодного водоснабжения и хозяйственно-бытового водоотведения г. Севастополя на 2017-2021г.г. ГУПС «Водоканал».

По данным Межрегионального управления Федеральной службы по надзору в сфере природопользования по Республике Крым и городу Севастополю, несмотря на проводимые Правительством города Севастополя мероприятия по реконструкции системы водоотведения, систематически поступает информация об аварийных сбросах неочищенных сточных вод в акваторию Черного моря. В 2015 году зафиксированы пять случаев загрязнения акватории сточными водами, в 2016 —четыре, в 2017 — шесть, в 2018 году семь случаев. В первом квартале 2019 года зафиксировано уже три случая загрязнения акватории неочищенными сточными водами. Согласно имеющейся информации, в большинстве случаев, аварийные сбросы неочищенных сточных вод в акваторию Черного моря, происходят в весенне-летний период на КНС № 9 в Балаклаве и КНС № 5 в Мартыновой бухте.

Данная закономерность говорит о том, что система водоотведения города Севастополя находится в неудовлетворительном состоянии и при увеличении численности населения в курортный сезон не справляется с очисткой сточных вод, что приводит к загрязнению водных объектов культурного и рыбохозяйственного назначения. При этом водный объект становится опасным для использования в целях рыболовства, купания и водного туризма.

Таким образом, совершенно очевидно, что для защиты морской среды чрезвычайно важно организация и осуществление систематических комплексных наблюдений за качеством морской среды, проведение оценки влияния экзогенных факторов на естественные физико-химические и гидрологические условия, с последующим

составлением прогноза возможной динамики трансформации прибрежной акватории Азово-Черноморского бассейна. Включение экологического аспекта в экономические стратегии и достижение устойчивого развития должно являться приоритетом на государственном уровне. В этом отношении, выработка финансово-экономических инструментов как стимула для защиты морской среды является важным аспектом для государства.

Список литературы:

1. Бедрицкий А.И., Асмус В.В. Спутниковый мониторинг загрязнения российского сектора Чёрного и Азовского морей в 2003–2007 гг. /А.И. Бедрицкий, В.В. Асмус, В.А. Кровотынцев, О.Ю. Лаврова, А.Г. Островский // Метеорология и гидрология. 2007. – № 11. – С. 5 – 13.
2. Барабанщиков Д.А., Сердюкова А.Ф. Особенности экологии Черного моря / Д.А. Барабанщиков, А.Ф. Сердюкова // Молодой ученый. 2017. – № 25. – С. 98 – 101.
3. Агбунов М. В. Античная лоция Черного моря. – М.: Наука, 1987. – 156 с.

**MONITORING OF COASTAL AQUATORIUM POLLUTION
AZOV-BLACK SEA BASIN**

N.S. Kozhina¹; T.I. Andreenko^{1,2}; O.V. Medvedev¹; K.N. Somik¹

*¹Sevastopol State University, Sevastopol, 299053, Russia,
e-mail: natalya15021@rambler.ru*

*²A.O. Kovalevsky Institute of Marine Biological Research RAS,
Sevastopol, 299011, Russia, e-mail: tatyana-andreenk@mail.ru*

Abstract

The main causes of pollution of the coastal waters of the Black Sea are considered. It was noted that to assess the impact of pollution, it is necessary to take into account the currents of the Black Sea off the coast of the Crimean Peninsula. The statistics of cases of pollution of the sea by sewage is given. The conclusion is made about the necessity of systematic complex monitoring of marine environment quality and development of effective financial and economic instruments of its protection.

СОДЕРЖАНИЕ И СОСТАВ ХЛОРФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В ВОДЕ СТРАТИФИЦИРОВАННЫХ ОЗЕР

Е.С. Колпакова

ФГБУН ФИЦКИА РАН, г. Архангельск, 163000, Россия, e-mail: kolpelen@yandex.ru

Ранее присутствие хлорорганических соединений в природных экосистемах связывали только с техногенными факторами [1]. Однако к настоящему времени накоплено достаточно информации об образовании хлорорганики в природе в результате хлорирования органического вещества при взаимодействии с хлорид-ионами, а также в процессах ферментативного продуцирования [1, 2]. Наибольшую опасность для живых организмов представляют хлорорганические соединения, обладающие токсичными и канцерогенными свойствами, например, хлорфенольные соединения [3]. Хлорфенольные соединения являются ионогенными соединениями с разной степенью гидрофобности, липофильности и кислотности и включают хлорированные фенолы и их производные. К наиболее значимым, с точки зрения экологической опасности для окружающей среды, отнесены высокохлорированные фенолы, метоксихлорфенолы и гидроксихлорфенолы с высокой липофильностью ($\log K_{ow}$ 3,7-5,06), острой и подострой токсичностью [4]. Самым токсичным является пентахлорфенол.

Крупным биогенным источником образования хлорированных фенолов и их производных являются морские экосистемы. Бурые водоросли северных морей, планктон, находящийся в толще воды, диатомовые водоросли, цианобактерии являются активными продуцентами хлорфенольных соединений. В тоже время в пресноводных водоемах хлорфенольные соединения продуцируются диатомовыми, зелеными и сине-зелеными водорослями [2].

Наряду с процессами продуцирования, образованию хлорфенольных соединений способствуют и процессы дехлорирования. Продуктами восстановительного дехлорирования являются хлорированные фенолы, а окислительного дехлорирования – метокси- и гидроксихлорфенолы [5].

Исследование водоемов, отделяющихся от моря, позволяет прогнозировать процессы образования хлорорганических соединений в более крупных природных объектах, изучение которых требует больших затрат.

В Республике Карелия, в Кандалакшском заливе Белого моря насчитывается несколько водоемов, утративших связь с морем. Комплексные исследования таких водоемов более 10 лет проводятся на Беломорской биостанции МГУ имени М.В. Ломоносова. Интенсивное поднятие береговой зоны Белого моря приводит к постепенному отделению от моря небольших водоемов, в которых формируется уникальный гидролого-гидрохимический режим, обусловленный морфометрическими характеристиками, особенностями водообмена, соотношением поступающих объемов пресной и морской воды [6]. Эти факторы определяют развитие водоема в направлении осолонения, опреснения или формирования меромиктической структуры. В процессе отторжения водоема от моря происходят значительные изменения водной биоты. Морскую биоту сменяет комплекс видов растений, животных и микроорганизмов, способных обитать в широком диапазоне солености воды, а также в пресноводной среде.

Объектами исследования являются малые озера, расположенные в Республике Карелия на Беломорской биостанции МГУ (озера Нижнее Ершовское и Трехцветное) и в Архангельской области (озеро Светлое). Исследуемые озера удалены от прямого антропогенного влияния.

Озеро Трехцветное является водоемом, полностью отделившимся от Белого моря. В этом озере сложилась устойчивая стратифицированная (меромиктическая): структура: верхний слой (до 1,0 м) – пресный; слой хемоклина (около 2,5 м) - увеличение солёности до 11,9 ‰ и появление сероводорода; слой монимолимниона (от 3,0 до 7,0 м) - с содержанием солёности 22 ‰ и сероводорода 600 мг/л [6, 7]. В озере Нижнее Ершовское верхний слой (1,0 м) - пресный, обогащенный кислородом; нижний - солоноватый (солёность до 1,4 ‰), содержание сероводорода 0,2-10 мг/л, но может достигать 160 мг/л [7].

Озеро Светлое расположено в 65 км на северо-восток от г. Архангельска и является первым в системе из озер, дающих начало реки Светлой, которая относится к водосборному бассейну Белого моря. Озеро является пресноводным меромиктическим. В анаэробных водах отмечено постоянное присутствие сероводорода - в зоне хемоклина (21-24 м) в количестве от 0,080 до 0,100 мг/л; в монимолимнионе - 0,03 мг/л [8, 9].

Отбор проб озерной воды производился сотрудниками лаборатории экоаналитических исследований ФГБУН ФИЦКИА РАН в ходе экспедиционных работ в марте 2018 и 2019 годов. Пробы отбирались на разных горизонтах, учитывая пресный и солёный слои, а также слой хемоклина.

При анализе озерной воды на содержание хлорфенольных соединений исследуемые образцы подкисляли до pH 2-3 и экстрагировали гексаном. После разделения фаз и рекстракции раствором K_2CO_3 соединения дериватизировали уксусным ангидридом с получением ацетильных производных. Полученные производные анализировали на газовом хроматографе «Кристалл 5000.1» с электрозахватным детектором. Анализируемую смесь на хроматографе разделяли на кварцевой капиллярной колонке с неполярной неподвижной жидкой фазой при программировании температуры термостата колонки. Идентификацию индивидуальных хлорированных фенолов, метоксифенолов и гидроксифенолов проводили по времени удерживания стандартных веществ, количественное определение – методом абсолютной калибровки.

Во всех проанализированных пробах были идентифицированы только хлорированные фенолы, метокси- и гидроксихлорфенолы не были обнаружены.

Компонентный состав хлорированных фенолов исследованных озер представлен моно-, ди-, три- и тетрахлорфенолами. Токсичный пентахлорфенол, имеющий только антропогенное происхождение, не был зафиксирован ни в одной исследуемой пробе.

В озерной воде пресных водоемов диапазон концентраций хлорированных фенолов для обоих водоемов и изменялся от 0,050 до 0,144 мкг/дм³ (таблица). В пресных водах озера Нижнее Ершовское наиболее значимыми по количественному содержанию были 2-хлорфенол и 2,4,5-трихлорфенол. В воде озера Светлое в наибольших концентрациях найдены 2,4,6-трихлорфенол и 2-хлорфенол. Данные хлорфенолы являются природными метаболитами, активно продуцируемыми наземной и водной растительностью [2, 3]. Однако наряду с природными хлорметаболитами, в воде этих озер в меньших количествах обнаружен 2,3,4,6-тетрахлорфенол, присутствие которого обусловлено, скорее всего, атмосферным переносом от абиогенных источников (процессы сжигания/горения) [10].

Наибольшее содержание хлорфенолов было найдено в солёных водах озера Трехцветное. В пресных водах данного озера суммарная концентрация хлорфенолов составила 0,059 мкг/дм³. Идентифицированы были 2,3,5-, 2,4,6-трихлорфенолы и 2,3,5,6-тетрахлорфенол. Из них 2,4,6-трихлорфенол является природным метаболитом [2]. Источниками образования 2,3,5-трихлорфенола, наряду с ферментативными процессами, могут быть и процессы восстановительного дехлорирования 2,3,5,6-тетрахлорфенола под воздействием анаэробных микроорганизмов [5].

Содержание хлорированных фенолов в озерной воде на разных глубинах (мкг/дм³)

Соединение	оз. Нижнее Ершовское (Р. Карелия)		оз. Трехцветное (Р. Карелия)			оз. Светлое (Архангельская область)		
	1,0 м	2,0 м	1,5 м	3,0 м	7,0 м	6 м	20,0 м	32,0 м
2-хлорфенол	0,048	0,026	н.о.	3,059	5,720	н.о.	0,022	0,023
4-хлорфенол	н.о.	0,023	н.о.	н.о.	1,409	н.о.	н.о.	н.о.
2,3-дихлорфенол	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	0,400	н.о.	н.о.	н.о.
2,4-дихлорфенол	н.о.	н.о.	н.о.	0,789	18,071	н.о.	н.о.	н.о.
2,6-дихлорфенол	0,024	0,025	н.о.	1,998	0,123	н.о.	н.о.	н.о.
2,3,4-трихлорфенол	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
2,3,5-трихлорфенол	н.о.	н.о.	0,037	н.о.	0,129	н.о.	н.о.	н.о.
2,4,5-трихлорфенол	0,048	н.о.	н.о.	н.о.	24,023	0,016	0,006	н.о.
2,4,6-трихлорфенол	н.о.	н.о.	0,010	0,007	н.о.	0,096	0,077	н.о.
2,3,4,5-тетрахлорфенол	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
2,3,4,6-тетрахлорфенол	0,004	0,004	н.о.	0,002	н.о.	0,023	0,039	0,027
2,3,5,6-тетрахлорфенол	н.о.	н.о.	0,012	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
пента-хлорфенол	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
сумма хлорфенолов	0,124	0,078	0,059	5,855	49,875	0,135	0,144	0,050

*н.о. – не обнаружено

В зоне хемоклина (повышение солености и появление сероводорода) концентрации хлорфенолов на порядок выше, найденных в пресноводном слое и составляли 5,855 мкг/дм³. При этом в высоких концентрациях найдены 2-хлорфенол, 2,4- и 2,6-дихлорфенолы, а 2,3,4,6-тетрахлорфенол обнаружен в незначительных количествах. Таким образом, можно предположить, что при данных условиях в озерной воде возрастает активность природных процессов образования хлорфенолов, таких как хлорирование органического вещества, ферментативное продуцирование и дехлорирование хлорфенолов в восстановительных условиях водоема.

Далее, в придонном слое мнимомимниона (соленые воды, содержащие большое количество сероводорода), концентрации хлорфенолов были на два порядка выше, чем в пресном слое. В значительных количествах были обнаружены 2,4,5-трихлорфенол, 2,4-дихлорфенол и 2-хлорфенол. В меньших концентрациях найдены 4-хлорфенол, 2,3-дихлорфенол и 2,3,5-трихлорфенол, но их количества превышают содержание данных соединений в пресных слоях миксолимниона. Можно предположить, что в сильно восстановленных условиях (высокие концентрации сероводорода) соленых вод мнимомимниона активность ферментативного продуцирования хлорфенолов снижается, а процессы их восстановительного дехлорирования под действием анаэробных микроорганизмов, напротив, более активны. Высокие концентрации хлорфенолов свидетельствуют о накоплении здесь этих соединений.

Таким образом, при исследовании стратифицированных озер (морских и пресноводных), не подверженных прямому антропогенному воздействию, выявлено присутствие в озерной воде хлорированных фенолов. Компонентный состав этих соединений обусловлен преимущественно природными источниками их образования. Показано, что в соленых водах с высоким содержанием сероводорода в озерной воде активизируются природные процессы хлорирования органического вещества и восстановительного дехлорирования с участием анаэробных микроорганизмов, приводя к накоплению этих соединений в анаэробных водах монолимниона.

Список литературы:

1. Водяницкий Ю.Н. Хлорорганические соединения и биогеохимический цикл хлора в почве (обзор) / Ю.Н. Водяницкий, М.И. Макаров // Почвоведение, 2017. – № 9. – С. 1065–1073.
2. Дембицкий В.М. Природные галогенированные моноядерные фенолы и их производные / В.М. Дембицкий, Г.А. Толстикова // Химия в интересах устойчивого развития, 2003. – Т. 11, № 4. – С. 579–587.
3. Gribble G. W. Natural Organohalogen. Science dossier // Euro Chlor, 2004. – 60 p.
4. Lyytikäinen M. Environmental fate and bioavailability of wood preservatives in freshwater sediments near an old sawmill site // Chemosphere, 2001. – Vol. 44. – P. 341–350.
5. Field J. A., Sierra-Alvarez R. Biodegradability of chlorinated aromatic compounds. Science dossier / J. A. Field, R. Sierra-Alvarez // Euro Chlor, 2007. – P. 15–33.
6. Краснова Е.Д. Водоёмы, отделяющиеся от Белого моря: разнообразие и типовая структура // Изучение, рациональное использование и охрана природных ресурсов Белого моря (сборник статей). СПб: Зоологический институт РАН, 2007. – С. 115–118.
7. Лосюк Г.Н. Заражение сероводородом озёр на разной стадии отделения от Белого моря / Г.Н. Лосюк, Н.М. Кокрятская // Сборник трудов конференции «Арктические исследования: от экстенсивного освоения к комплексному развитию», 26–28 апреля 2018 г., Архангельск. – С. 183–186.
8. Кокрятская Н.М., Титова К.В. Соединения неорганической серы в воде пресноводного меромиктического озера Светлое (Архангельская область) / Н.М. Кокрятская, К.В. Титова // Материалы V Международной научной конференции «Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды», 12–17 сентября 2016 г., Минск, Нарочь. – С. 323–325.
9. Savvichev A. Microbial processes of the carbon and sulfur cycles in an ice-covered, iron-rich meromictic lake Svetloe (Arkhangelsk oblast, Russia) / A. Savvichev, N. Kokryatskaya, S. Zabelina, I. Rusanov, E. Zakharova, E. Veslopolova, O. Lunina, E. Patutina, B. Bumazhkin, D. Gruzdev, P. Sigalevich, N. Pimenov, B. Kuznetsov, V. Gorlenko // Environmental Microbiology, 2017. – Vol.19, Is.2. – P. 659–672.
10. Briois C. Temperature and concentration effects on the dioxin and furan formation from a mixture of chlorophenols over fly ash / C. Briois, B. Gullett, S. Ryan, D. Tabor, A. Touati // Organohalogen Compounds, 2006. – P. 850–856.

**CONTENT AND COMPOSITION OF CHLORPHENOL COMPOUNDS
IN WATER OF STRATIFIED LAKES**

E. Kolpakova

*Center for Integrated Arctic Research, Arkhangelsk, 163000, Russia,
e-mail: kolpelen@yandex.ru*

Abstract

The paper presents data on the content and composition of chlorophenolic compounds in marine and fresh waters of stratified lakes that are not subject to direct anthropogenic impact. The presence of chlorinated phenols in water is due to the natural sources of their formation. In salt waters with a high content of hydrogen sulfide, the processes of chlorination of organic matter and reductive dechlorination with the participation of anaerobic microorganisms are activated.

УДК 621.311

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЛОКАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ

А.Г. Комилов

*Физико-технический институт Академии Наук Республики Узбекистан,
г. Ташкент 100084, Узбекистан, e-mail: asliddin@rambler.ru*

Введение. Обеспечение надежности электроснабжения потребителей было и остается важнейшей задачей. Актуальность повышения надежности электроснабжения возрастает в связи с усложнением структуры сетей и появлением в них новых элементов (распределенная генерация, использование возобновляемых источников энергии).

За последние 10–15 лет совершенствование технологий и повышение эффективности солнечных фотоэлектрических (ФЭ) преобразователей и ветроэнергоустановок способствовало развитию распределительных электрических сетей и созданию систем распределенной генерации со смешанным составом – традиционные и возобновляемые источники [1]. Техничко-экономические оценки модельных сетевых фотоэлектрических станций в условиях Центральной Азии и Закавказья показали привлекательность их строительства [2].

Традиционная модель передачи электроэнергии на переменном токе с помощью передачи высокого и низкого напряжения по линиям электропередач вызывает огромные потери энергии и затраты, до 18% от всей мощности [3]. При использовании возобновляемых источников энергии для производства электроэнергии исключаются затраты, связанные с добычей, транспортировкой и переработкой топлива, и утилизацией выбросов, которые существуют в традиционных электростанциях. Кроме того, снижаются расходы на транспортировку энергии за счет максимального приближения генераторов к потребителям [4]. Поэтому, распределенная генерация и микросети использующие гибридные источники энергии являются перспективными. Распределенная генерация может поддерживать слабые сети, добавляя напряжение и повышая качество электроэнергии.

Основным недостатком автономных ФЭС является необходимость использования аккумуляторных батарей, работающих в циклическом режиме. Число рабочих циклов распространенных свинцово-кислотных аккумуляторов невелико (1500–2000), что требует их частой замены [5].

Технический аспект внедрения ФЭС подразумевает выбор между системой с аккумуляторными батареями и без них. При этом система без аккумулялирования имеет в виду интеграцию ФЭС в общую энергетическую сеть. В случае систем с аккумулятором решаются технические задачи по выбору электрической ёмкости аккумулятора, оборудования для зарядки и контроля. Но надо иметь в виду, что в обеих системах должно быть решение для получения потребителями электроэнергии из общей сети.

Экономический аспект внедрения ФЭС с аккумулятором учитывает цену аккумулятора, которая намного выше цен оборудования для интеграции в сеть.

На основе разработанной нами модели рассчитаны несколько вариантов комбинации технико-экономических аспектов, которые определяют окупаемость внедрения ФЭС и могут быть использованы для разработки концепции масштабного внедрения ФЭС в микро сетях Узбекистана.

Методика расчета. Для расчетов используются уровни месячной средней суточной суммарной солнечной радиации (кВт*ч) на данной территории (G). Следова-

тельно, выработка электрической энергии за сутки ФЭ панелью площадью 1 м² равно

$$E_{\text{фэс м}^2}^{\text{день}} = \eta_{\text{фэс}} * G_{\text{ср.мес}}^{\text{день}} \quad (1)$$

где, $\eta_{\text{фэс}}$ – КПД ФЭ панели.

Далее рассчитывается выработка электрической энергии за один определенный месяц

$$E_{\text{фэс м}^2}^{\text{мес}} = E_{\text{фэс м}^2}^{\text{день}} * t^{\text{мес}i} \quad (2)$$

где, $t^{\text{мес}i}$ – число дней соответствующий данному месяцу (i).

Выработка электрической энергии за целый год

$$E_{\text{фэс м}^2}^{\text{год}} = \sum_{i=1}^{12} E_{\text{фэс м}^2}^{\text{мес}i} \quad (3)$$

Исходя из этого определяется требуемая площадь для покрытия годовой потребности в электричестве ($E_{\text{год}}$)

$$A_{\text{фэс}} = \frac{E_{\text{год}}}{E_{\text{фэс м}^2}^{\text{год}}} \quad (4)$$

Для расчета окупаемости рассчитывается цена электроэнергии, производимой ФЭС площадью $A_{\text{фэс}}$

$$C_{\text{фэс}}^{\text{эл}} = A_{\text{фэс}} * C_{\text{эл}} * E_{\text{фэс}}^{\text{год}} \quad (5)$$

где $C_{\text{эл}}$ - цена электроэнергии за 1 кВт.

Цена ФЭС рассчитывается исходя из цены (C) за установленную мощность (кВт⁻¹)

$$C_{\text{фэс}} = C * A_{\text{фэс}} * \eta_{\text{фэс}} * I_{\text{СТС}} \quad (6)$$

где $I_{\text{СТС}}$ – мощность освещения использованное при стандартных тестовых условиях (СТС) которое обычно равно 1 кВт/м².

Цена аккумулятора рассчитывается по отношению к цене ФЭС

$$C_{\text{акк}} = \chi * C_{\text{фэс}} \quad (7)$$

При этом, χ учитывает стоимость батарей, инвертора, контроллера и другие расходы, а также влияние коэффициента уровня разряда аккумулятора.

Для расчета цены электроэнергии, производимой ФЭС, вводится понятие «нормализованная цена»

$$S_{\text{эл.фэс}}^{\text{н.год}} = C_{\text{фэс}}^{\text{эл}} + C_{\text{фэс}}^{\text{эл}} * \zeta * Y_{\text{фэс}} \quad (8.1)$$

которая является ценой электроэнергии, производимой ФЭС за каждый год до конца окупаемости ($Y_{\text{фэс}}$) по нынешним ценам с учетом изменения цены электроэнергии (ζ).

Срок окупаемости в годах также рассчитывается с учетом изменения цены электроэнергии (ζ).

$$Y_{\text{фэс}} = \frac{C_{\text{фэс}}}{S_{\text{эл.фэс}}^{\text{н.год}} + S_{\text{эл.фэс}}^{\text{н.год}} * \zeta * Y_{\text{фэс}}} \quad (9)$$

«Нормализованная цена» для системы с аккумулятором рассчитывается схожим образом

$$S_{\text{эл.фэс+акк}}^{\text{н.год}} = C_{\text{фэс}}^{\text{эл}} + C_{\text{фэс}}^{\text{эл}} * \zeta * Y_{\text{фэс+акк}} \quad (8.2)$$

Для расчета времени окупаемости учитывается срок службы аккумулятора $t_{\text{акк}}$

$$Y_{\text{фэс+акк}} = \frac{C_{\text{фэс}} + \frac{C_{\text{акк}} * Y_{\text{фэс+акк}}}{t_{\text{акк}}}}{S_{\text{эл.фэс+акк}}^{\text{н.год}} + S_{\text{эл.фэс+акк}}^{\text{н.год}} * \zeta * Y_{\text{фэс+акк}}} \quad (10)$$

Так как изменения цены электроэнергии (ζ) применяются к каждому году срока окупаемости, $Y_{\text{фэс}}$ и $Y_{\text{фэс+акк}}$ входят в правую сторону формул (9) и (10) соответственно. В связи с чем, расчёты по данным формулам выполняются с помощью итерации.

Результаты. Для примера приводится расчет для города Карши, уровень месячной средней суточной суммарной солнечной радиации показан на рис.1, с годовым потреблением $E_{год} = 1000$ кВт*ч, при цене ФЭ панелей $C_{фэс}^{Вт} = 1000$ \$/кВт (8200000 сумов/кВт) и электричества $C_{эл} = 210$ сумов/кВт*ч, КПД ФЭ панелей $\eta_{фэс} = 0.15$, коэффициент цены аккумулятора $\chi = 0.6$, срок службы аккумулятора $t_{акк} = 5$ лет. По формуле (4) $A_{фэс} = 4\text{м}^2$.

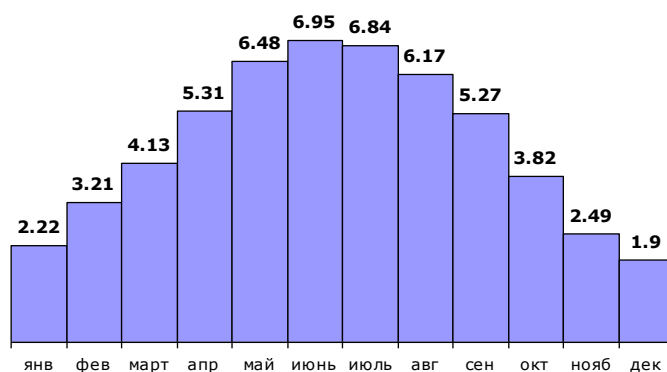


Рис. 1. Уровень месячной средней суточной суммарной солнечной радиации (кВт*ч/м²) на данной территории (г. Карши) согласно данным NASA (<http://eosweb.larc.nasa.gov/sse/RETScreen/>)

На рис.2 показаны результаты расчетов влияния изменения цены электроэнергии ζ , на срок окупаемости ФЭС, где для наглядности показаны сроки при которых цена электроэнергии (пунктирные линии) достигнет уровня цен (01.01.2017 г.) России, в среднем по США и ЕС.

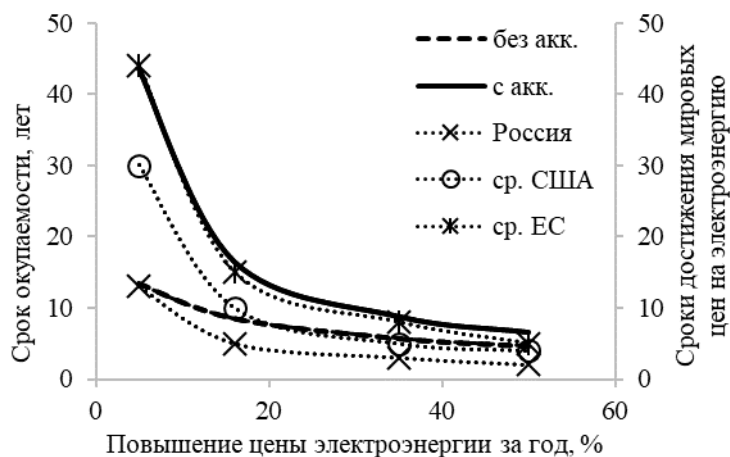


Рис. 2. Сроки окупаемости ФЭС и достижения мировых цен на электроэнергию в зависимости от повышения цены на электроэнергию

Для последующих расчетов и анализов, из результатов на рис.2 выделены следующие сценарии исходя из цен в 2017 году:

1. 0.05 (5% в год), среднее значение за последние 3 года, при этом уровень цен в России и США достигается за 15 и 30 лет, соответственно.

2. 0.16 (16% в год), рост до уровня цены в России за следующие 5 лет, при дальнейшем росте уровень цен в среднем по США достигается за 10 лет.

3. 0.35 (35% в год), рост до уровня цен в среднем по США за следующие 5 лет, при дальнейшем росте уровень средневропейской цены достигается за 8 лет.

4. 0.50 (50% в год), рост до уровня средневропейской цены за следующие 5 лет.

В формуле (10) показано что расчет срока окупаемости системы с аккумуляторными батареями учитывает срок службы аккумулятора, которое увеличивается с

развитием соответствующих технологий. На рис.3 показана зависимость срока окупаемости системы с аккумуляторными батареями от времени службы аккумулятора, при изменении цена электроэнергию согласно вышеуказанным 4 сценариям.

На рис.3 видно, что зависимость срока окупаемости системы с аккумуляторными батареями от времени службы аккумулятора не прямолинейна.

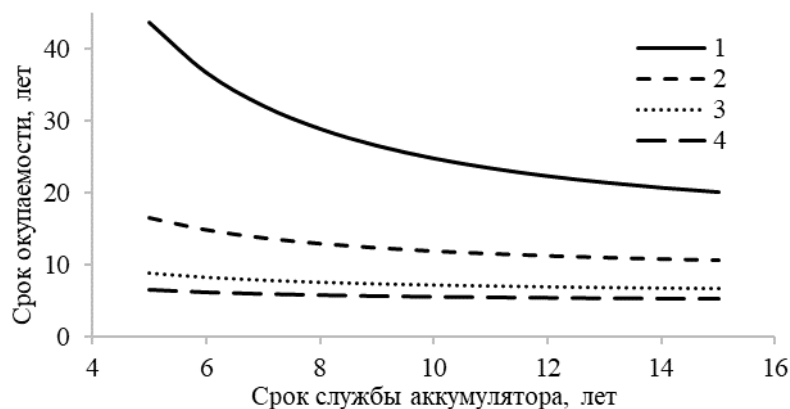


Рис. 3. Зависимость срока окупаемости системы с аккумуляторными батареями от времени службы аккумулятора

Расчет изменения срока окупаемости системы в зависимости от времени службы аккумулятора согласно данным рис.3 производилось по следующей формуле:

$$\delta = \frac{\frac{Y_{\text{ФЭС+акк}}^{t_{n-1}}}{Y_{\text{ФЭС+акк}}^{t_n}} - 1}{\sum_{n=5}^{15} \frac{Y_{\text{ФЭС+акк}}^{t_{n-1}}}{Y_{\text{ФЭС+акк}}^{t_n}} - 1}$$

Результаты расчетов показаны на рис.4.

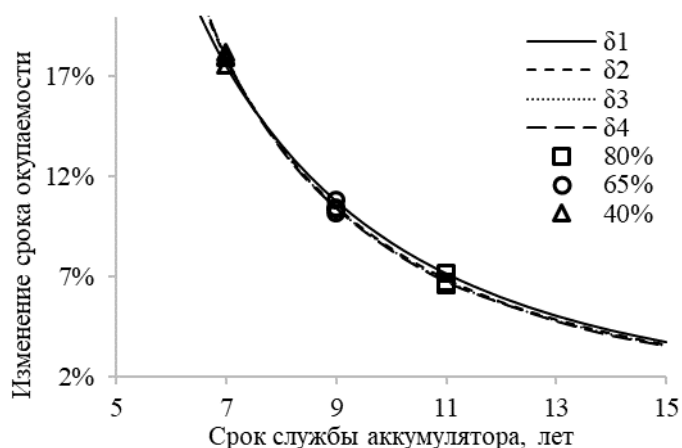


Рис. 4. Зависимость изменения срока окупаемости системы с аккумуляторными батареями от времени службы аккумулятора

Выводы. Исходя из представленных на рис.2 результатов можно сказать, что окупаемость ФЭС с аккумулятором сильно зависит от цен на электроэнергию и при высоких ценах на электроэнергию обе системы с аккумулятором и без него, могут быть конкурентоспособны. Может быть это и объясняет популярность в развитых странах, где цена электрической энергии выше, полуавтономных систем, которые присоединены к общей электрической сети, но имеют также систему аккумулятирования

ния солнечной энергии. Но для стран с низкой ценой на электроэнергию, экономически обоснованным являются ФЭС интегрированные с общей электрической сетью без системы аккумулирования солнечной энергии.

Из рис.4 видно что при всех 4 сценариях, оптимальным пределом увеличения времени службы аккумулятора в диапазоне 5-15 лет будет около 11 лет, так как при таком времени службы аккумулятора достигается 80% возможного снижения срока окупаемости. При этом 40% и 65% возможного снижения срока окупаемости достигается при ~7 и ~9 лет времени службы аккумулятора, соответственно.

К тому же согласно формулам (6), (9) и (10), срок окупаемости ФЭС прямо пропорционально цене ФЭ панелей (\$/кВт) которая стремительно падает, что также приводит к уменьшению срока окупаемости.

При ценах на ФЭС 1000 \$/кВт и электроэнергию 210 сумов/кВт*ч, использованных для расчетов, целесообразно использование ФЭС параллельно с энергосистемой (без аккумулятора), что позволит повысить надежность электроснабжения потребителей, так как общая электрическая сеть может принимать вырабатываемую ФЭС мощность и компенсировать ее работу при отсутствии солнечного излучения. Но в тоже время, внедрение в сеть СЭС (ФЭС большой мощности) требует масштабной модернизации существующей сети и очень крупных и долгосрочных инвестиций. Исходя из этого, целесообразным является внедрения ФЭС в Узбекистане в микро сетях, которые обеспечат локализованное производство и потребление солнечной энергии без потерь доставки и окупятся более 2 раз быстрее чем ФЭС с аккумулятором.

Эта работа была выполнена в рамках проекта ФА-Атех-2018 517+513+362 «Интеграция фотоэлектрических систем в центральную электрическую сеть», финансируемой Министерством инновационного развития Республики Узбекистан.

Список литературы:

1. Rahmanov N.R. Combined AC-DC micro grids: case study-network development and simulation/ N.R. Rahmanov, N.M. Tabatabaei, K. Dursun, O.Z. Kerimov //International Journal on “Technical and Physical Problems of Engineering” (IJTPE)-2012- Vol.4.-P. 157-161.
2. Kiseleva S.V. Efficiency Estimation for the Grid-Tie Photovoltaic Stations Construction in Some Regions of Central Asia and Transcaucasia/ S.V. Kiseleva, O.S. Popel, A.B. Tarasenko, R.R. Avezov//Applied Solar Energy- 2017-Vol. 53-P. 306-311.
3. Аллаев К.Р. Электроэнергетика Узбекистана и мира- Ташкент, 2009.-465 с.
4. Zakhidov R.A. Grid Connection Management of Distributed Generators on the Basis of Renewable Energy Sources/ R.A. Zakhidov, A.Sh. Arifjanov//Applied Solar Energy- 2017- Vol. 53-P. 347-353.
5. Лакутин Б.В., Муравлев И.О. Системы электроснабжения с ветровыми и солнечными электростанциями//Томск: Томский политехнический университет-2015.- 112 с.

TECHNICAL AND ECONOMICAL ASPECTS OF LOCALIZED USE OF PHOTOVOLTAIC SYSTEMS

A.G. Komilov

*Physical-Technical Institute of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan,
Tashkent 100084, Uzbekistan, e-mail: asliddin@rambler.ru*

Abstract

In the article, a method for calculation of payback time of PV system is presented. Payback times of PV system with battery (off-grid) and without battery (on-grid) depending on electricity prices using 4 scenarios are modeled. Calculation example for a real site, also considering different battery life times is presented.

УДК 539.192

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ИЗОТОПНЫЕ ЭФФЕКТЫ ТРИТИЯ В СИСТЕМЕ «ВОДЯНОЙ ПАР – РАСТВОР СОЛИ ЩЕЛОЧНОГО МЕТАЛЛА»

Ю.В. Кондакова, В.С. Покальчук, И.А. Шестаков,

*Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева,
Москва, 125047, Россия, e-mail: yulyochick@mail.ru*

Тритий (^3H , T) – мягкий β -излучатель, как правило, считающийся не слишком радиотоксичным радионуклидом, что отражается в относительно высоких допустимых значениях МЗА и МЗУА (НРБ 99/2009). Тем не менее, на атомных электростанциях в результате процессов тройного деления образуются большие количества трития: $5,5-7,4 \cdot 10^{14}$ Бк / (1000 МВт·год). Кроме того, реакторы с водой под давлением производят ^3H в теплоносителе, замедлителе и контрольных стержнях путем активации дейтерия, лития и бора. Очень большие количества ^3H получают в реакторах с тяжеловодным замедлителем.

В настоящее время пока не существует экономичных процессов для извлечения и удержания ^3H . Известные на данный момент процессы для селективного концентрирования трития, например, газовая диффузия, ректификация, электролиз или химический изотопный обмен, являясь очень время затратными и энергоёмкими, не могут быть использованы для переработки больших отвальных потоков. В связи с этим тритийсодержащие отходы предпочитают отправлять на длительное хранение. Однако в процессе хранения тритий может относительно легко попасть в окружающую среду путем испарения тритиевой воды или обмена изотопами водорода с водяным паром воздуха.

При распаде вне организма тритий практически не представляет опасности, так как энергия его β -частиц невелика (не более 18,6 кэВ), и их проникающая способность весьма низкая: они поглощаются одеждой и внешним слоем кожи. Однако присутствие трития внутри организма может представлять серьезную угрозу здоровью. При поступлении в виде тритированной воды (НТО) в организм человека, тритий способен обмениваться с атомами водорода биологически активных молекул [Baumgärtner F., Donhaerl W., 2004]. В результате повышается риск возникновения отдаленных последствий облучения всего тела и отдельных его органов и тканей. Следовательно, тритий нужно улавливать, а затем концентрировать непосредственно на тех предприятиях ядерной энергетики, где возможно его попадание в окружающую среду. В связи с этим широкое и систематическое изучение реакций изотопного обмена водорода (равновесие, кинетика, механизмы) обращено на поиск и разработку оптимальной разделительной системы. Таким образом, целью нашей работы стало изучение равновесных свойств системы, пригодной для разделения изотопов водорода физико-химическим методом. Для этого нами было исследовано изотопное равновесие трития в системе «водяной пар – раствор соли щелочного металла» при различных температурах T .

В эксперименте использовались несколько солей: хлорид лития, нитрат натрия, бромид натрия (содержание не менее 99,2%). Раствор (для каждой соли отдельно) готовился из навески сухого вещества и дистиллированной воды с добавлением метки НТО до достижения удельной активности раствора 1-2 кБк/г. Для исследования поведения трития, рассматривались разные концентрации солей (от 5 до 25%). От приготовленного раствора отбирались пробы массой около 200-300 г и отправлялись на дальнейшее испарение. Разделение велось с помощью ротационного испарителя. Смесь в сырьевой колбе нагревалась до требуемой температуры опыта (от 30 до 80°C с шагом 10°C). Процесс испарения начинался после вакуумирования системы. После

сбора необходимого объема конденсата процесс останавливался. Масса конденсата и кубового остатка соли определялась на технических весах. Активности образцов кубового остатка и конденсата определялась с помощью жидкостно-сцинтилляционного спектрометра Hidex SL300.

Для обработки результатов измерений была разработана модель, представляющая собой результат решения уравнений материального баланса и динамики испарения в системе «свободная вода – связанная вода – растворенное вещество». Согласно этой модели, уравнение динамики испарения выглядит следующим образом:

$$-\frac{dA}{dm_1} = \frac{a_1 \cdot P_1}{\alpha_1} + \frac{a_2 \cdot P_2}{\alpha_2}, \quad (1)$$

$$a_2 = a_1 \cdot \alpha_{12}, \quad (2)$$

где A – активность дистиллята;

m_1 – масса воды в исходном растворе;

a_1, a_2 – удельная активность свободной и связанной воды соответственно;

α_1 – коэффициент разделения трития между свободной водой и равновесным паром;

α_2 – коэффициент разделения трития между связанной водой и равновесным паром;

α_{12} – константа изотопного равновесия трития между свободной и связанной водой;

P_1, P_2 – доля свободной и связанной воды соответственно ($P_1 + P_2 = 1$) – выражаются через мольную долю растворенного вещества x как

$$P_2 = x^N, \quad (3)$$

где $N > 0$ – некоторый параметр.

Уравнение материального баланса:

$$A_0 - A = (a_1 \cdot P_1 + a_2 \cdot P_2) \cdot m_1, \quad (4)$$

где A_0 – начальная активность воды в исходном растворе.

Так как исследуемое растворенное вещество не содержит атомов водорода, доступных для изотопного обмена, то уравнение вакуумной дистилляции имеет вид

$$a_1 \ln \left(\frac{A_0}{A_L} \right) = \int_{x_0}^{x_L} \frac{dx_m}{x_m(1-x_m)} \cdot \frac{p_1 + (\alpha_{12}/\beta)p_2}{p_1 + \alpha_{12}p_2} \quad (5)$$

Соотношение коэффициентов разделения α_2 и α_1 и константу равновесия α_{12} можно представить в следующем виде:

$$\beta = \frac{\alpha_2}{\alpha_1} = \alpha_{12} = const, \quad (6)$$

$$\alpha_{12} = a_\infty \cdot e^{\frac{\Delta G}{RT}}, \quad (7)$$

где a_∞ – предэкспоненциальный множитель.

Тогда после введения вместо массы воды m_1 массовой доли растворенного вещества x_m , подстановок и интегрирования выражение (4) будет выглядеть следующим образом:

$$\ln R_A = \ln \left(\frac{A_0}{A_L} \right) \alpha_0 = \int_{x_0}^{x_L} \frac{dx_m}{x_m(1-x_m)} \cdot \frac{1}{a} = I(x_0, x_L) \quad (8)$$

с

$$a = a_1 \cdot [1 + X^N (\exp \left(-\frac{\Delta G}{RT} \right) - 1)] \quad (9)$$

где A_L – активность кубового остатка.

Обработка результатов эксперимента проводилась путем подбора параметров N , ΔG , и a_∞ до достижения минимального среднеквадратичного отклонения значений правой и левой частей выражения (8) при всех температурах и концентрациях LiCl, NaNO₃, NaBr. Полученные значения представлены в табл. 1.

Экспериментальные данные представлялись в виде зависимости логарифма коэффициента разделения трития ($\ln \alpha$) от температуры ($1000/T$) на рис.1; 3; 5. Полу-

ченные результаты представлены точками. На рис. 2; 4; 6 представлены экспериментальные данные в виде зависимости коэффициента разделения Н-Т α от моляльности соли.

Таблица 1

Результаты подбора параметров

N	ΔG , Дж/моль	a_∞
LiCl		
1.05	900	1
NaBr		
0.9	635	0.92
NaNO ₃		
0.6	830	1

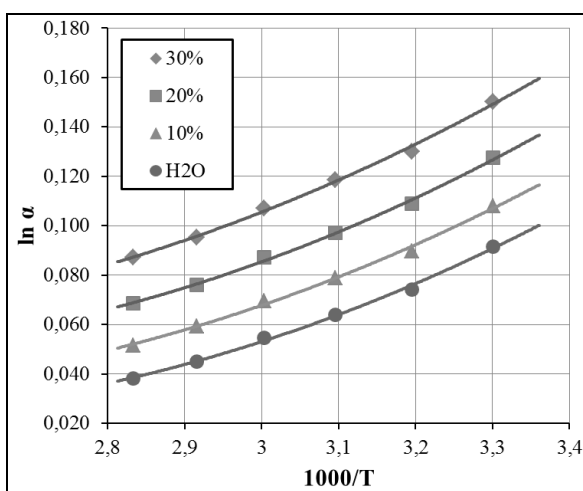


Рис. 1. Зависимость коэффициента разделения от температуры для LiCl

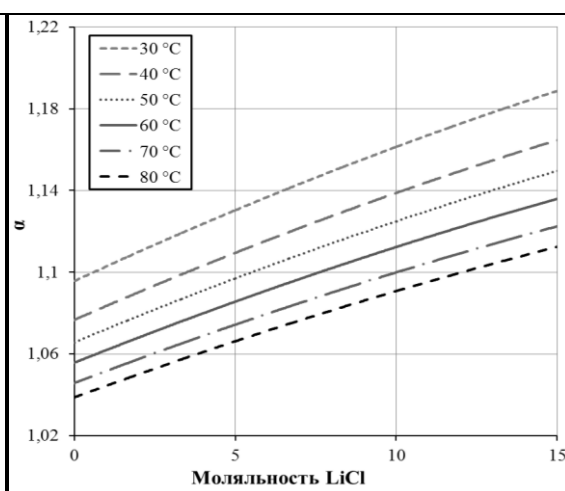


Рис. 2. Зависимость коэффициента разделения от моляльности LiCl

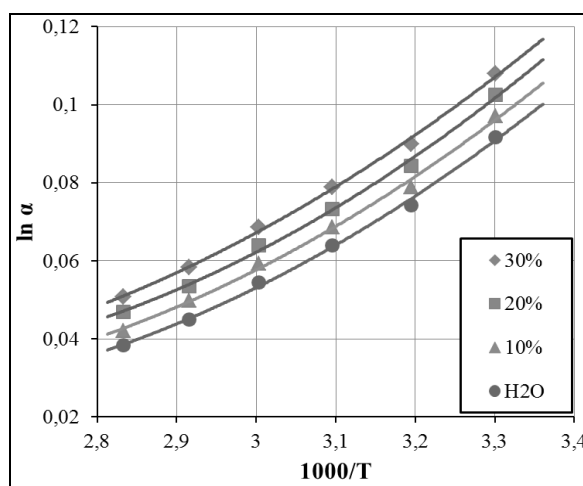


Рис. 3. Зависимость коэффициента разделения от температуры для NaBr

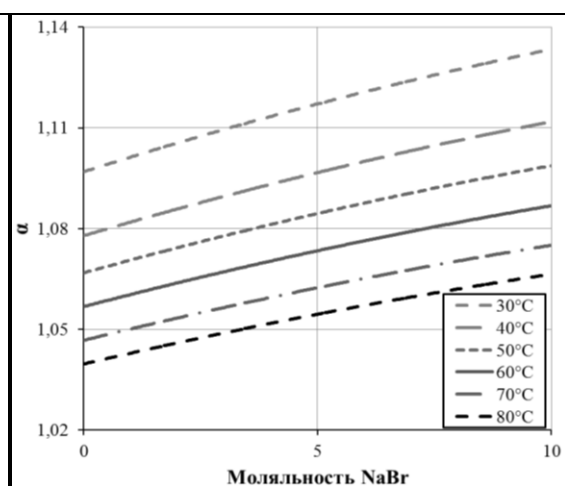


Рис. 4. Зависимость коэффициента разделения от моляльности NaBr

Из полученных данных следует, что коэффициент обогащения при 80°C $\varepsilon = \alpha - 1$ для концентрированного раствора соли оказался в два раза выше, чем для чистой воды [Андреев Б.М., Зельвенский Я.Д., Катальников С.Г., 2000]. Причина такого эффекта – дополнительные электростатические и обменные взаимодействия растворенных ионов Li^+ , Na^+ , Br^- , Cl^- , NO_3^- с молекулами воды. Таким образом, при добавлении к тритийсодержащей воде растворимого в ней хлорида/нитрата щелочного ме-

талла термодинамический изотопный эффект усиливается. Отсюда следует, что при разделении Н/Т солевой ректификацией рабочий объем колонны (каскада) будет в 2 раза меньше. Предложенный метод может быть использован для выделения трития из водных технологических потоков (в частности, теплоносителей реакторов типа ВВЭР).

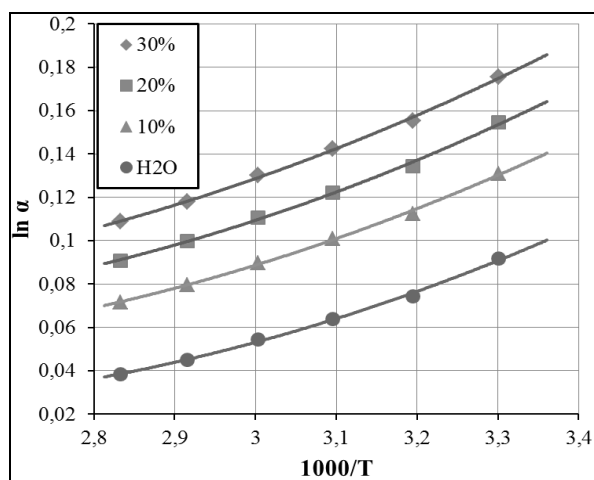


Рис. 5. Зависимость коэффициента разделения от температуры для NaNO_3

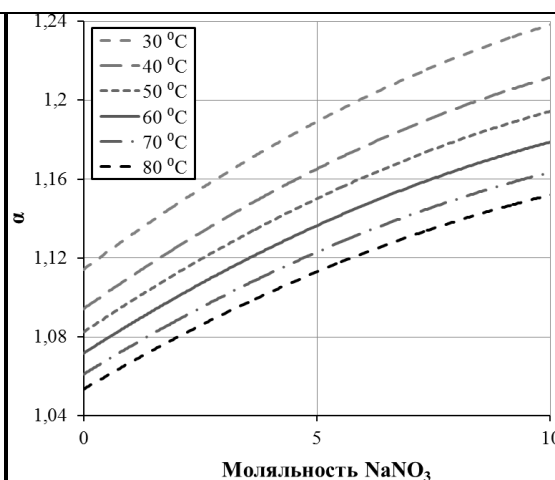


Рис. 6. Зависимость коэффициента разделения от молярности NaNO_3

Эта работа была выполнена при поддержке Российского Фонда Фундаментальных исследований, грант № 18-33-00225.

Список литературы:

1. Андреев Б.М., Зельвенский Я.Д., Катальников С.Г. Тяжелые изотопы водорода в ядерной технике. – М.: ИздАТ, 2000. С.189.
2. Baumgärtner F., Donhaerl W. Non-exchangeable organically bound tritium (OBT): its real nature // Analytical and bioanalytical chemistry. 2004. V. 379. № 2. P. 204-209.

THERMODYNAMIC ISOTOPE EFFECTS OF TRITIUM IN SYSTEMS «WATER VAPOR – ALKALINE METAL SALT SOLUTION »

J.V. Kondakova, V.S. Pokalchuk, I.A. Shestakov

D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, 125047, Russia,
e-mail: yulyochick@mail.ru

Abstract

A study of tritium distribution between water vapor and aqueous solutions of alkaline metal salts has been performed. Lithium chloride, sodium bromide and sodium nitrate were chosen as a subjects of the study. The H/T isotope separation ratio for them was found to be higher than one for pure water at the same temperatures. According to the data obtained we can conclude that hydration shells of the solutes are remarkably enriched with tritium.

МЕТОДИКА И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПОЖАРА РАСТИТЕЛЬНОСТИ

М.А. Корец¹, А.В. Волокитина¹

¹Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск, 660036, РФ,
e-mail: mik@ksc.krasn.ru

Прогноз распространения (поведения) пожаров необходим для оптимального планирования и эффективной организации их тушения, а также для проведения целевых выжиганий. Под поведением природных пожаров (в том числе, лесных) понимается распространение пожара по конкретной территории, т. е. динамика его контура, динамика вида и силы (интенсивности) пожара. Данная работа является важным этапом в создании Российской системы по прогнозированию поведения лесных пожаров с целью управления ими и для осуществления контроля за эффективностью расходования субвенций на тушение пожаров субъектами Российской Федерации.

За рубежом, в США и Канаде, уже имеются сложные национальные системы по прогнозу поведения природных пожаров: в США – система ВЕНАВЕ [9]; в Канаде – система FBP (Canadian Forest Fire Behavior Prediction System) [10]. Проводимые там работы по тестированию моделей поведения пожаров свидетельствуют о недостаточно высокой эффективности систем, поэтому продолжается их совершенствование. В России такой системы пока нет, но ее элементы разрабатываются, причем особенно активно в Институте леса СО РАН (ИЛ СО РАН). Создается достаточно совершенная система в плане ее простоты, практичности и корректности, учитывая накопленные знания о природе пожаров [2].

Из числа российских математических моделей экспериментально-аналитического типа можно отметить модели Г.П. Телицына [8], Э.В. Конева [6], В.Г. Гусева [4], Г.А. Доррера [5] и ряд других. Однако, вопрос формирования информационной базы, как в теоретическом, так и в практическом планах разработан только для модели, созданной в Институте леса СО РАН [7, 1]. По этой причине именно она выбрана для программной реализации. Данная модель распространения низового пожара основана на относительно простой зависимости:

$$V_x = V_o \cdot K_w \cdot K_r \cdot K_\phi, \quad (1)$$

где V_x – нормальная (перпендикулярная фронту) скорость распространения пожара, м/мин; V_o – базовая скорость, м/мин; K_w – коэффициент влияния ветра; K_r – коэффициент влияния относительной влажности воздуха; K_ϕ – коэффициент влияния уклона поверхности. В качестве базовой скорости принимается скорость распространения кромки низового пожара в данное время на данном участке при условиях: отсутствие ветра; отсутствие уклона (горизонтальная поверхность); относительной влажности воздуха 40%.

В ИЛ СО РАН в рамках ряда научно-исследовательских работ и целевых государственных контрактов был разработан пакет программного обеспечения (рис. 1) для автоматизации методики [3] составления карт растительных горючих материалов (РГМ), карт текущей пожарной опасности и прогноза поведения лесного пожара на основе стандартной лесоустроительной информации (векторной карты выделов и их таксационного описания). Разработанное ПО не требовательно к характеристикам компьютера и может быть установлено практически на любой персональный компьютер под управлением операционной системы MS Windows любой версии (SE, 2000, XP, Vista, 7, 8, 10).



Рис. 1. Структурная схема функционирования программного обеспечения (PGM и PGM2) для расчета пирологического описания выделов и прогноза поведения низового пожара

Программа для расчета пирологического описания выделов («PGM»).

Формирование пирологического описания таксационных выделов является составной частью методики составления карт растительных горючих материалов (РГМ) и прогноза поведения пожара растительности (рис. 1). Методика включает определение базовых пирологических характеристик выделов, а именно, типов основных проводников горения (ОПГ) и критических классов засухи (ККЗ). Для автоматизации этой процедуры было разработано программное обеспечение с условным названием «PGM» (рис. 2.). Программа автоматически формирует таблицу пирологического описания лесоустроительных выделов на основе исходной стандартной таблицы таксационного описания. На основе результирующей таблицы пирологического описания выделов с использованием базовых функций ГИС-приложений (например, ArcGIS или MapInfo) формируются карты растительных горючих материалов (РГМ) для двух сезонов (весны-осени и лета). При этом полигональный картографический слой выделов, связанный с таблицей пирологического описания, классифицируется и отображается в соответствии с легендой типов ОПГ. Для создания карт текущей пожарной опасности используются рассчитанные значения ККЗ также для весны-осени и лета. Таким образом, для каждого сезона и заданного класса засухи (КЗ) может быть сформирована своя градационная карта пожарной опасности, легенда которой формируется по следующему принципу: 1) горимые выделы; 2) выделы в стадии пожарного созревания; 3) негоримые выделы.

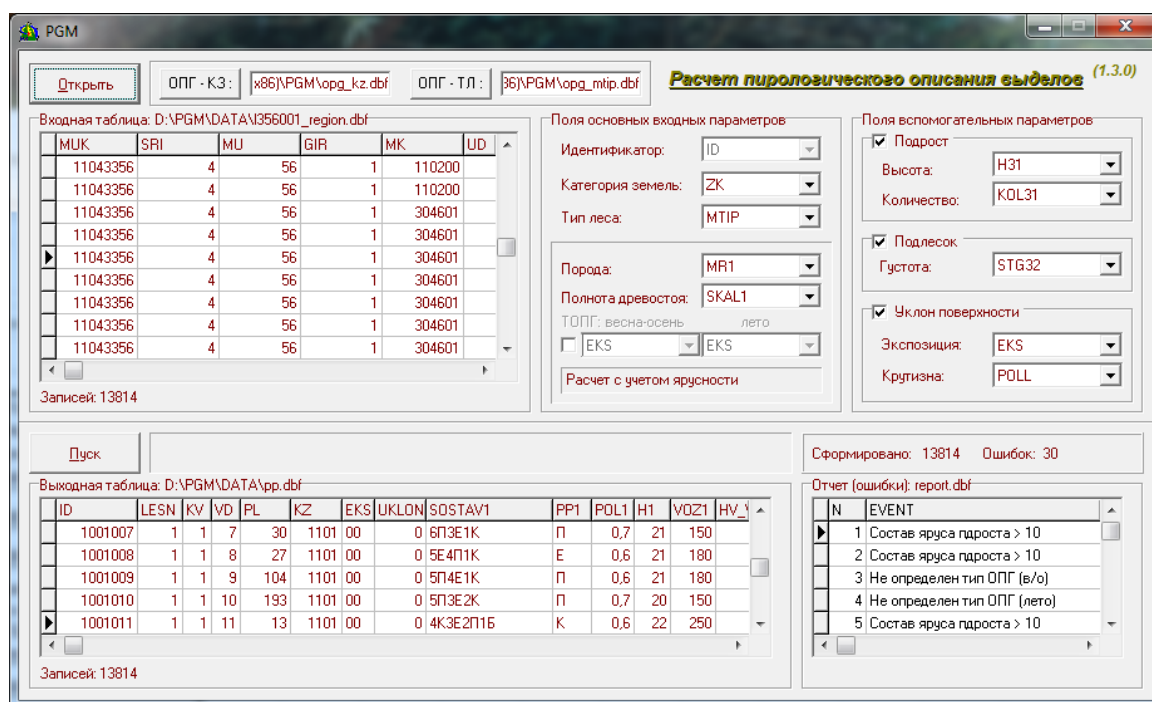


Рис. 2. Основное окно управления программой «PGM»

Программа для прогноза распространения пожара («PGM2»).

Для автоматизации методики прогноза распространения пожара растительности разработано дополнительное ПО с условным названием «PGM2» (рис. 1). Программа реализована на базе ГИС-приложения ESRI ArcView GIS 3.2 в форме модуля-расширения. Управление картографическими и табличными данными при работе программы «PGM2», осуществляется через интерфейс ГИС-приложения ArcView и основное диалоговое окно программы (рис. 3). Программа «PGM2» использует пирологическое описание выделов, создаваемое в ПО «PGM» и позволяет формировать таблицу показателей горения для заданного сезона и погодных условий (показатель пожарной опасности, влажность воздуха, направление и скорость ветра), при необходимости с учетом рельефа местности (уклон и экспозиция выдела). Затем по заданным пользователем начальным абрисам распространения пожара программа «PGM2» позволяет в интерактивном режиме проследить дальнейшую динамику распространения низового пожара в форме временного ряда векторных абрисов кромки пожара. По запросу пользователя в любой момент времени горения формируется подробный отчет о состоянии пожара: площадь, периметр, скорости их изменения, интенсивность горения на кромке пожара (Рис. 3). Дополнительно выдается прогноз возможных последствий пожара (процент отпада в поврежденном древостое по составу пород), вероятность развития пожара в верховой, а также расчет сил и средств, необходимых для тушения пожара (ширина противопожарного барьера, скорость и продолжительность тушения, необходимое количество людей и техники). Программа «PGM2» позволяет использовать площадные и линейные барьеры, останавливающие кромку распространения пожара, например, защитные противопожарные полосы и водоемы.

Пример прогнозных абрисов пожара в различные моменты времени приведен на рис. 4. Проверка и доработка программ выполнялась с использованием ретроспективных данных о пожарах в заповеднике «Столбы» (2001 – 2004 гг.) и Чунском лесничестве (2006 – 2009 гг.). Программы «PGM» и «PGM2» защищены авторскими свидетельствами о государственной регистрации программ для ЭВМ (№ 2014660252 и № 2015661771).

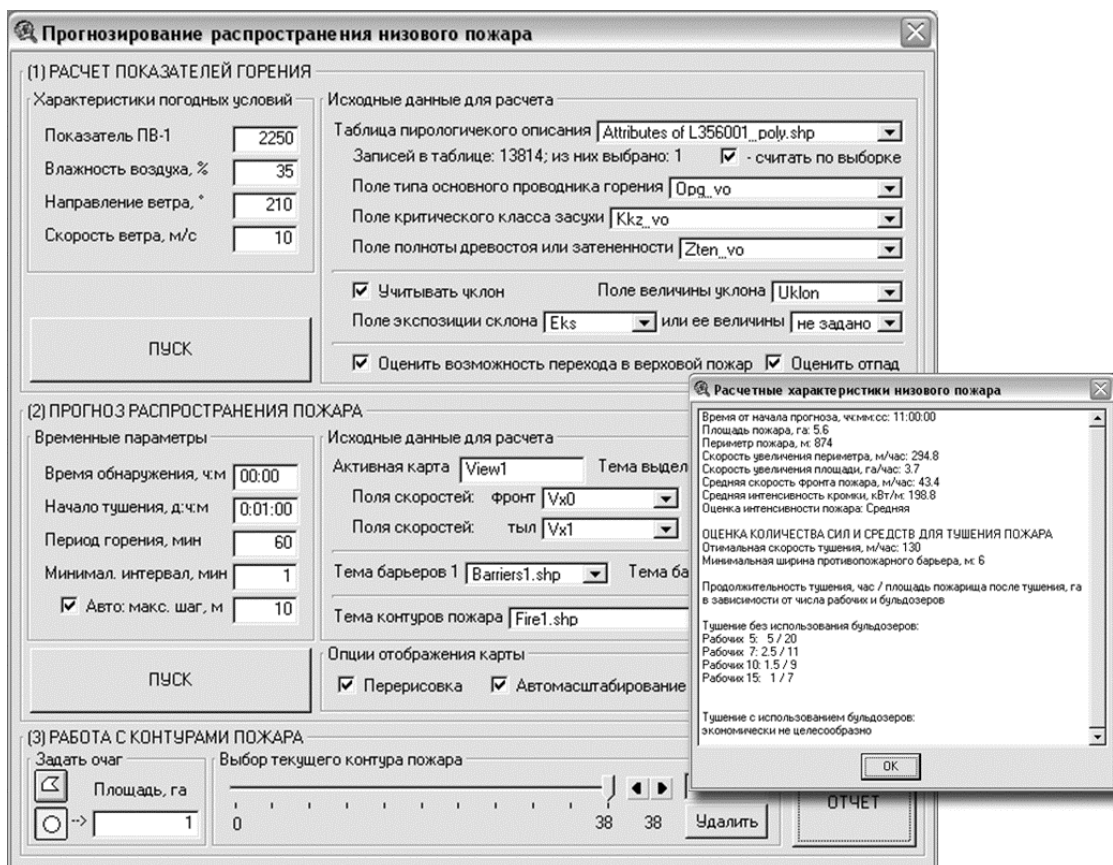


Рис. 3. Основные окна управления программой «PGM2»

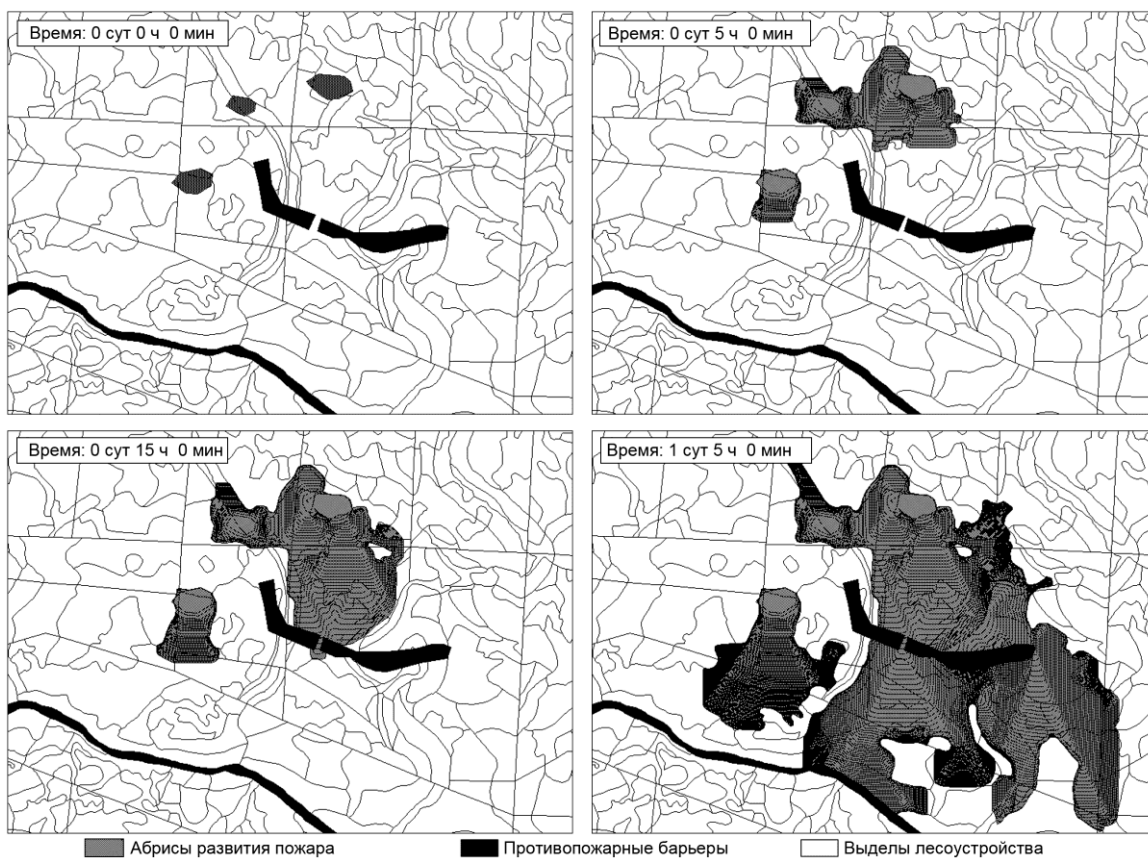


Рис. 4. Пример прогнозных абрисов пожара в различные моменты времени горения

Работа поддержана проектами РФФИ: 18-05-60203, 18-05-00235 и 18-05-00781.

Список литературы:

1. Волокитина А.В. Классификация и картографирование растительных горючих материалов / А.В. Волокитина, М.А. Софронов. – Новосибирск: Изд. СО РАН, 2002. – 314 с.
2. Волокитина А.В. Прогноз поведения низовых пожаров на основе карт растительных горючих материалов / А.В. Волокитина, М.А. Софронов, Т.М. Софронова. Учебное пособие. – Красноярск: Институт леса СО РАН, СибГТУ. – 2005. – 92 с.
3. Волокитина А.В. Прогноз поведения лесных пожаров / А.В. Волокитина, М.А. Софронов, М.А. Корец, Т.М. Софронова, И.А. Михайлова. – Красноярск: СО РАН, ИЛ СО РАН, 2010, 211 с.
4. Гусев В.Г. Физико-математические модели распространения пожаров и противопожарные барьеры в сосновых лесах / В.Г. Гусев. – СПб : ФГУ «СПбНИИЛХ». – 2005. – 199 с.
5. Доррер Г.А. Динамика лесных пожаров / Г.А. Доррер. – Новосибирск: Изд-во СО РАН. – 2008. – 404 с.
6. Конев Э.В. Анализ процесса распространения лесных пожаров и палов / Э.В. Конев. – Теплофизика лесных пожаров. – Новосибирск: Институт теплофизики СО АН СССР. – 1984. – С. 99-125.
7. Софронов М.А. Лесные пожары в горах Южной Сибири / М.А. Софронов. – М.: Наука. – 1967. – 152 с.
8. Телицын Г.П. О распространении горения в лесу / Г.П. Телицын. – Горение и пожары в лесу. – Красноярск: ИЛиД СО АН СССР. – 1973. – С. 164 – 176.
9. Burgan R.E. BEHAVE: Fire behavior prediction and fuel modeling system / R.E. Burgan, R.G. Rothermel – FUEL subsystem. Gen. Tech. Rep. INT-167. Ogden, UT: US Department of Agriculture, Forest Service. Intermountain Forest and Range Experiment Station. – 1984. – 126 p.
10. Forestry Canada, Fire Danger Group. Development and structure of the Canadian Forest Fire Behavior Prediction System. – Science and Sustainable Development Directorate. – Inf. Rep. ST-X-3. Ottawa. – 1992. – 63 p.

**TECHNIQUE AND SOFTWARE FOR PREDICTING THE BEHAVIOR
OF VEGETATION FIRE**

M.A. Korets¹, A.V. Volokitina¹

*¹V.N. Sukachev Institute of Forest SB RAS, Krasnoyarsk, 660036, Russia,
e-mail: mik@ksc.krasn.ru*

Abstract

The thematic software applications for producing of vegetation fire fuel maps, current fire danger maps and forecasting the behavior of a forest fire were developed at the Sukachev Institute of Forest SB RAS. The software includes two blocks: the calculation of the pyrological description of the forest stands polygons (the «PGM» program) and the forecast and animation of the fire spread (the «PGM2» program).

ИЗВЛЕЧЕНИЕ ЦЕЗИЯ И СТРОНЦИЯ ИЗ РАСТВОРОВ ФОСФАТОТИТАНОВЫМИ И ТИТАНАТНЫМИ ИОНИТАМИ

Р.И. Корнейков, В.И. Иваненко, С.В. Владимирова

*Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья
им. И.В. Тананаева – обособленное подразделение Федерального государственного
бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра
«Кольский научный центр Российской академии наук», г. Апатиты
Мурманской обл., 184209, Россия, e-mail: korneikov@chemy.kolasc.net.ru*

В процессе эксплуатации атомных энергетических установок гражданских и военных морских судов образуются высокосолевые жидкие радиоактивные отходы (ЖРО) близкие по химическому составу к морской воде с общим солесодержанием до $30 \text{ г} \cdot \text{л}^{-1}$ [1]. Основной вклад в активность такого типа отходов вносят радионуклиды $^{134,137}\text{Cs}$ и ^{90}Sr [1-3]. Для дезактивации высокосолевых ЖРО перспективны сорбционные методы [4-6]. Сорбционные материалы должны обладать высокими ионообменными характеристиками, обеспечивать надежную иммобилизацию сорбированных компонентов. Используемые для дезактивации технологических растворов матрицы на основе феррацианидов переходных металлов и матрицы на основе диоксида марганца (III, IV) не способны к коллективному извлечению радионуклидов $^{134,137}\text{Cs}$ и ^{90}Sr , поскольку избирательны только к радионуклидам либо цезия, либо стронция, соответственно [7]. Более того, эти иониты не обеспечивают надежную иммобилизацию радиоактивного материала при хранении. Таким образом, используемые сорбенты не в полной мере отвечают предъявляемым к ним технологическим требованиям, что делает актуальным поиск новых высокоэффективных ионообменных материалов. Среди ионообменников могут представлять интерес неорганические материалы на основе соединений титана(IV) [8-13], прежде всего гидрофосфаты оксотитана(IV) и сложные оксиды титана(IV) и щелочного металла, которые способны извлекать катионы токсичных металлов из технологических растворов, обеспечивать компактность при захоронении и безопасность при длительном хранении. Однако условия эффективного применения указанных соединений при извлечении катионов цезия и стронция изучены не в полной мере.

Цель работы заключалась в определении условий эффективного применения соединений на основе оксогидрофосфатов Ti(IV), а также сложных оксидов Ti(IV) и щелочного металла (в частности натрия) при извлечении катионов Cs^+ и Sr^{2+} из сложных систем близких по химическому составу к технологическим растворам.

Синтез ионообменных материалов осуществляли в соответствии с ранее разработанными авторами подходами. Получение титаната натрия проводили предварительным осаждением из титансодержащего раствора высокогидратированного прекурсора титаната аммония с последующей его обработкой раствором едкого натра с 30 % мольным избытком натрия по отношению к катионам титана(IV). Дальнейшее разделение фаз и сушка приводили к получению целевого продукта. Получение гидрофосфатов оксотитана(IV) проводили предварительным осаждением из титансодержащего раствора высокогидратированного прекурсора состава $\text{TiO}(\text{H}_2\text{PO}_4)(\text{HSO}_4) \cdot n\text{H}_2\text{O}$ 5-ти кратным мольным избытком ортофосфорной кислоты. Дальнейшее сушка и отмывка в дистиллированной воде приводили к формированию целевого материала.

Синтезированные образцы имели составы: гидрофосфаты оксотитана(IV) – $\text{TiOHPO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, $n=1.3-6.3$); титанаты натрия – $\text{Na}_{2x}\text{Ti}_y\text{O}_{(2y+x)} \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ($x=1$, $y=3-5$, $n=0.47-1.11$). Оксогидрофосфатотитановые сорбенты содержат в составе конститу-

ционную воду в виде гидрофосфатных групп и координационную – в виде аква-лигандов. Титанаты натрия содержат только координационную воду, представленную аква-лигандами. Сорбционное извлечение цезия и стронция проводили в статическом режиме при одновременном присутствии катионов металлов в растворе. В таблице 1 представлены результаты сорбции катионов металлов образцом состава $\text{TiOHPO}_4 \cdot 2.72\text{H}_2\text{O}$ при различных условиях (температура, отношения жидкой и твердой (Ж:Т) фаз). Коэффициент распределения (K_d) рассчитывали по формуле:

$$K_d = A \cdot \alpha / (100 - A),$$

где A – процентное содержание сорбированного катиона металла;

α – отношение объема жидкой фазы к массе сорбента.

Из таблицы 1 видно, что повышение температуры при сорбции катионов металлов с 20 до 70°C практически не влияет на степень извлечения цезия и стронция. По-видимому, это связано с несущественным изменением эффективного радиуса катионов металлов в результате их дегидратации. Уменьшение отношения фаз Ж:Т со 100 до 50 также не приводит к существенному повышению эффективности сорбции катионов металлов.

Таблица 1

Сорбционное извлечение Cs^+ и Sr^{2+} образцом состава $\text{TiOHPO}_4 \cdot 2.72\text{H}_2\text{O}$ в зависимости от температуры и отношения фаз Ж:Т из раствора состава ($\text{г} \cdot \text{л}^{-1}$):
 $\text{NaCl} - 30$; $\text{Cs}^+ - 1.1 \cdot 10^{-3}$; $\text{Sr}^{2+} - 15.3 \cdot 10^{-3}$ (рН сорбции = 4.2)

Условия		Остаточное содержание, $\text{мг} \cdot \text{л}^{-1}$		Извлечение, %		K_d , $\text{мл} \cdot \text{г}^{-1}$	
Ж:Т	T , °C	Cs^+	Sr^{2+}	Cs^+	Sr^{2+}	Cs^+	Sr^{2+}
100	20	0.163	7.03	85	54	575	117
100	70	0.134	5.25	88	66	733	194
50	20	0.055	4.22	95	72	950	129

В работе проведены исследования по извлечению катионов металлов фосфатом титана в зависимости от значений рН раствора. На рис. 1 и в табл. 2 представлены результаты исследований. Видно, что при значении рН=2 эффективно извлекаются катионы цезия, в то время как катионы стронция практически не сорбируются. Возможно, это связано с конкуренцией со стороны протонов. При повышении значений рН раствора до 8 извлечение цезия понижается, а стронция – существенно возрастает. Это связано, с одной стороны, с отсутствием конкуренции со стороны ионов водорода, с другой – с усилением подвижности протонов ионообменных групп сорбента и, как следствие, повышение степени извлечения более гидратированных катионов металлов.

Таблица 2

Коэффициенты распределения Cs^+ и Sr^{2+} на образце состава $\text{TiOHPO}_4 \cdot 2.72\text{H}_2\text{O}$ в зависимости от рН сорбции ($T=20^\circ\text{C}$, Ж:Т=100) из раствора состава ($\text{г} \cdot \text{л}^{-1}$):
 $\text{NaCl} - 30$; $\text{Cs}^+ - 1.1 \cdot 10^{-3}$; $\text{Sr}^{2+} - 15.3 \cdot 10^{-3}$

Условие / Параметр	Катион	рН сорбции				
		2	4	5	6	8
K_d , $\text{мл} \cdot \text{г}^{-1}$	Cs^+	2800	575	530	125	104
	Sr^{2+}	31	118	840	2400	49250

В работе проведены исследования постадийного сорбционного извлечения цезия и стронция при разных равновесных значениях рН. В таблице 3 приведены результаты исследований.

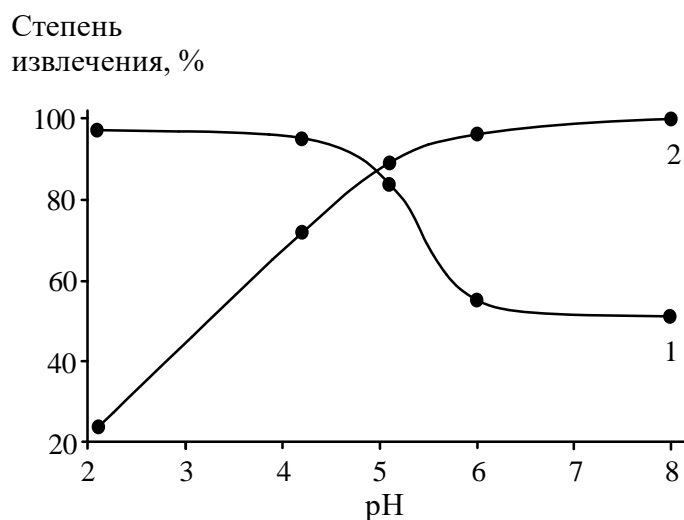


Рис. 1. Зависимость степени извлечения катионов металлов от значения pH сорбции (Ж:Т=100, T=20°C) на сорбенте состава $\text{TiOHPO}_4 \cdot 2.72\text{H}_2\text{O}$: 1 – катионы Cs^+ ; 2 – катионы Sr^{2+}

Таблица 3

Постадийное извлечение Cs^+ и Sr^{2+} образцом состава $\text{TiOHPO}_4 \cdot 2.72\text{H}_2\text{O}$ из раствора состава (г·л⁻¹): NaCl – 30; Cs^+ – $1.1 \cdot 10^{-3}$; Sr^{2+} – $15.3 \cdot 10^{-3}$

Условия		Содержание в растворе, мг·л ⁻¹	
Стадия	pH сорбции	Cs^+	Sr^{2+}
1	2	0.037	11.63
	извлечение на стадии, %	97	24
2	8	0.016	0.055
	извлечение на стадии, %	57	99
общее извлечение, %		99	~100

Из анализа полученных данных следует, что последовательное извлечение цезия и стронция фосфатом титана(IV) при pH 2 и 8 приводит к практически полному выделению катионов Cs^+ и Sr^{2+} . Однако для более глубокой очистки раствора необходимо проведение трех стадий при T=20°C:

1 стадия – сорбция катионов Cs^+ при отношении Ж:Т=100, при pH=2, коэффициент распределения (K_d) равен $2.8 \cdot 10^3$;

2 стадия – дополнительное извлечение катионов Cs^+ Ж:Т=300 при pH=2, $K_d = 2.5 \cdot 10^3$;

3 стадия – извлечение катионов Sr^{2+} при отношении Ж:Т=100, при pH=8, $K_d = 1.9 \cdot 10^4$.

Недостатком такого режима является извлечение катионов металлов при разных условиях – равновесных значениях pH. Оптимальное значение pH раствора, при котором происходит достаточно высокое одновременное извлечение катионов Cs^+ и Sr^{2+} (~85%), составляет 5 при отношении фаз Ж:Т=100 и T=20°C (рис. 1). Значения K_d для катионов Cs^+ и Sr^{2+} при этих условиях равны 530 и 840 соответственно.

Исследования по изучению ионообменной активности сорбентов на основе титанатов натрия показали, что при введении их в раствор происходит частичное гидролитическое разрушение по схеме $\text{Na}_{2x}\text{Ti}_y\text{O}_{(2y+x)} + 2x\text{H}_2\text{O} \Rightarrow 2x\text{NaOH} + \text{H}_{2x}\text{Ti}_y\text{O}_{(2y+x)}$, в результате чего повышается pH раствора в диапазоне значений 8-10 при Ж:Т=100 в зависимости от состава сложного двойного оксида титана(IV) и натрия. В таблице 4 представлены результаты исследований.

Из анализа полученных данных следует, что в этой области значений pH (8-10) эффективно сорбируются катионы Sr^{2+} (свыше 99%), в то время как катионы Cs^+

практически не извлекаются. При десятикратном увеличении отношения жидкой и твердой фаз (рН раствора не изменяется) происходит снижение степени извлечения катионов стронция приблизительно на 15% (табл.4).

Таблица 4

Сорбционное извлечение Cs^+ и Sr^{2+} в зависимости от Ж:Т в течение одного часа образцом состава $Na_2Ti_3O_7 \cdot 1.03H_2O$ из раствора состава ($г \cdot л^{-1}$):
 $NaCl$ 30; $Cs - 1.05 \cdot 10^{-3}$; $Sr - 10.2 \cdot 10^{-3}$

Ж:Т	Остаточное содержание, $г \cdot л^{-1}$		Извлечение, %		K_d , $мл \cdot г^{-1}$	
	Cs	Sr	Cs	Sr	Cs	Sr
100	0.83	0.0071	21	99.9	26.5	143562
1000	0.99	0.53	5.7	84.8	60	18245

Воздушно-сухие титанатные и фосфатотитановые матрицы являются рентгеноаморфными. У насыщенных катионами металлов ионитов рентгеноаморфность сохраняется. Термическая обработка в интервале от 600 до 650°C отработанных образцов на основе оксогидроксофосфатов титана(IV) и титанатов натрия приводит к образованию кристаллических структур минералоподобного типа, которые являются трудно растворимыми соединениями и обеспечивают надежную иммобилизацию радиоактивного сорбата.

В работе проведены исследования по сорбционному извлечению катионов Cs^+ и Sr^{2+} из модельного раствора, соответствующего составу морской воды [14] при различном значении рН. В таблице 5 представлены результаты исследований.

Таблица 5

Сорбция Cs^+ и Sr^{2+} различными сорбентами в зависимости от рН (Ж:Т=100, $T=20^{\circ}C$) из раствора состава ($г \cdot л^{-1}$): $Na^+ - 10.7$; $Cl^- - 19.35$; $K^+ - 0.42$; $Ca^{2+} - 0.41$; $Mg^{2+} - 1.35$; $Cs^+ - 0.85 \cdot 10^{-3}$; $Sr^{2+} - 10 \cdot 10^{-3}$

рН сорбции	Остаточное содержание, $г \cdot л^{-1}$		Извлечение, %		K_d , $мл \cdot г^{-1}$	
	Cs	Sr	Cs	Sr	Cs	Sr
$TiOHPO_4 \cdot 2.72H_2O$						
2	0.1	9.8	88	-	750	-
5	0.21	2.29	75	77	300	340
8	0.41	0.27	52	97.3	107	3600
$Na_2Ti_3O_7 \cdot 1.03H_2O$						
9	0.75	1.26	12	87.4	13	690

Показано, что эффективность извлечения катионов стронция титанатными матрицами значительно снижается в присутствии конкурентных катионов магния и стронция. Также снижается извлечение катионов металлов и фосфатотитановыми ионитами, но не так существенно. Оптимальным значением рН при совместном извлечении Cs^+ и Sr^{2+} ионитами на основе гидрофосфатов титана (IV) из модельного раствора близкого по химическому составу к морской воде, как и в предыдущих экспериментах, является рН=5 (извлечение составляет около 80%). Проведение последующих двух стадий доочистки обеспечит полное извлечение катионов цезия и стронция из раствора.

Таким образом, показана перспективность использования сорбентов на основе оксогидроксофосфатов титана(IV) для коллективного извлечения $^{134,137}Cs$ и ^{90}Sr из высокосолевых растворов близких по составу к морской воде. Определены оптимальные условия использования фосфатотитановых матриц (рН=5, Ж:Т=100,

$T=20^{\circ}\text{C}$), которые обеспечивают эффективное совместное извлечение радионуклидов цезия и стронция в присутствии высоких концентраций фоновых компонентов. Установлено, что титанатные матрицы представляют интерес для избирательного извлечения только катионов стронция (оптимальные соотношения Ж:Т=100). Термическая обработка насыщенных радионуклидами отработанных сорбентов обеспечивает надежную иммобилизацию радиоактивного сорбата и безопасность при хранении в течение длительного времени.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РНФ (проект №17-19-01522).

Список литературы:

1. Вишняков Ю.М., Малышев С.П., Пчелинцев В.М., Хорошев В.Г. Малогабаритная станция комплексной переработки жидких радиоактивных отходов // Судостроение. - 1999. - № 3. - С.44-48.
2. Рябчиков Б.Е. Очистка жидких радиоактивных отходов. М.: ДеЛи принт, 2008. – 516с.
3. Mansy M.S., Hassana R.S., Selima Y.T. et al. Evaluation of synthetic aluminum silicate modified by magnesia for the removal of ^{137}Cs , ^{60}Co and $^{152+154}\text{Eu}$ from low-level radioactive waste // Applied Radiation and Isotopes. – 2017. - № 130. - P. 198–205.
4. Тростянская Е.Б. // Ионный обмен и его применение. М. 1959. С. 11-83.
5. Ярославцев А.Б. // Успехи химии. 1997. Т.66, № 7. С.641-660.
6. Локшин Э.П., Иваненко В.И., Удалова И.А., Калинин В.Т. // Радиохимия. 2003. Т.45, № 4. С.357-361.
7. В.В. Милютин, Н.А. Некрасова, Е.А. Козлитин. Селективные неорганические сорбенты в современной прикладной радиохимии / Материалы II всероссийской научной конференции с международным участием, посвященная памяти академика В.Т. Калиникова «Исследования и разработки в области химии и технологии функциональных материалов» Спецвыпуск отделения «Химия и материаловедение». Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2015. - С. 418-421
8. Elghniji K., Saad M.E.K., Araïssi M., Elaloui E., Moussaoui Y. Chemical modification of TiO_2 by $\text{H}_2\text{PO}_4^- / \text{HPO}_4^{2-}$ anions using the sol-gel route with controlled precipitation and hydrolysis: enhancing thermal stability // Materials Science-Poland. – 2014. – V. 32, № 4. - P. 617-625.
9. Ortiz-Oliveros H.B., Flores-Espinosa R.M., Ordonez-Regil E., Fernandez-Valverde S.M. Synthesis of $\alpha\text{-Ti}(\text{HPO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ and sorption of Eu (III) // Chemical Engineering Journal. -2014. - V. 236. - P. 398–405.
10. Garcí'a-Glez J., Trobajo C., Khainakov S.A., Amghouz Z. α -Titanium phosphate intercalated with propylamine: An alternative pathway for efficient europium(III) uptake into layered tetravalent metal phosphates // Arabian Journal of Chemistry. – 2017. №10. - P.885–894.
11. Baig U., Khan Rao R.A., Khan A.A., Sanagi M.M., Gondal M.A. Removal of carcinogenic hexavalent chromium from aqueous solutions using newly synthesized and characterized polypyrrole – titanium(IV) phosphate nanocomposite // Chemical Engineering Journal. – 2015. – V. 280. – P. 494–504.
12. Trublet M., Maslova M.V., Rusanova D., Antzutkin O.N. Mild syntheses and surface characterization of amorphous $\text{TiO}(\text{OH})(\text{H}_2\text{PO}_4) \cdot \text{H}_2\text{O}$ ion-exchanger // Materials Chemistry and Physics. – 2016. V. 183. - P. 467-475.
13. Khainakova O.A., Espina A., Trobajo C., Khainakov S.A., Garcia J.R., Bortun A.I. Ion-exchange properties of a novel layered titanium(IV) phosphate // Studies in Surface Science and Catalysis. – 2002. - V. 144. - P.701-708.
14. Хорн Р. Морская химия (структура воды и химия гидросферы). Marine Chemistry (The structure of Water and the Chemistry of Hydrosphere).- Москва: Мир, 1972.- (Науки о земле). - 400с.

**EXTRACTION OF CESIUM AND STRONTIUM FROM SOLUTIONS
BY TITANOPHOSPHATE AND TITANATE IONITES**

R.I. Korneikov, V.I. Ivanenko, S.V. Vladimirova

*Tananaev Institute of Chemistry – Subdivision of the Federal Research Centre
“Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences“,*

Apatity, Murmansk region, 184209, Russia, e-mail: korneikov@chemy.kolasc.net.ru

Abstract

It has been demonstrated the availability of employing sorbent based on the titanium(IV) oxohydrophosphate in recovery of cations of $^{134,137}\text{Cs}$ and ^{90}Sr from high-salt solution having a close to sea water composition. The optimal conditions for the application sorption matrixes that provide effective simultaneously extraction of radionuclides of cesium and strontium in the presence of high concentrations of background components have been determined. It is established that titanate matrixes are of interest for selective extraction of strontium cations only. The optimal conditions for the application this sorbents have been determined. The spent sorbents are subjected to thermal treatment in order to reliably immobilize the absorbed cations as crystalline compounds and safety in storage for a long time.

УДК 621.3111

ВОПРОСЫ ПРИМЕНЕНИЯ КОГЕНЕРАЦИОННЫХ УСТАНОВОК НА КОТЕЛЬНЫХ г. ТАШКЕНТА

М.А. Короли, А.И. Анарбаев

Государственный Технический Университет,

г. Ташкент, 100002, Республика Узбекистан, e-mail: mkoroly@list.ru

В настоящее время, традиционные крупные теплофикационные электростанции и системы теплоснабжения, как правило, не обеспечивают расчетной экономии топлива на ТЭЦ и общей эффективности централизованного обеспечения потребителей электроэнергией и теплотой.

В мировой энергетике прослеживается стойкая тенденция к увеличению производства и потребления энергии. Даже с учетом значительных структурных изменений в промышленности и перехода на энергосберегающие технологии, потребности в электроэнергии в ближайшие десятилетия будут увеличиваться. Как показал приведенный в статье анализ технологии, мини-ТЭЦ являются одним из ключевых решений проблемы. Сооружение, а также реконструкция существующих котельных в мини-ТЭЦ позволит не только обеспечить более эффективное использование топлива за счет комбинированного производства электрической и тепловой энергии, но и повысить надежность энергоснабжения населенных пунктов и промышленных предприятий.

Принято Постановление Президента Республики Узбекистан «О мерах по строительству, модернизации и реконструкции ТЦ-8,9,10 ГУП «Тошкент иссиклик маркази» с внедрением современной когенерационной технологии газотурбинных установок мощностью 480 МВт в 2017-2021 гг.».

Когенерационные установки подразделяются по принципу работы привода на: паротурбинные, парогазовые, газопоршневые агрегаты. По основным критериям оценки эффективности: эксплуатационно-ремонтные, финансово-экономические, срок окупаемости, газопоршневые агрегаты в диапазоне единичной мощности 0,1÷10 МВт обладают наилучшими показателями. Мировой опыт показывает, что использование когенерации экономически оправданно в том случае, когда есть постоянное потребление тепловой и электрической энергии. При неравномерном потреблении лимитирующий энергоноситель - теплоэнергия.

Выполним анализ по рассмотрению возможности работы устанавливаемых газотурбинных установок (ГТУ) в экономичном режиме, т.е. с круглогодичной нагрузкой. При этом необходима проработка вопросов возможности перераспределения тепловой энергии между ТЦ г.Ташкента.

Серьезным вопросом для проработки является вопрос возможности выдачи получаемой от ГТУ электрической энергии в сеть города. Требуется проработка вопросов компоновки оборудования ГТУ с размещением ОРУ на территории существующих теплоцентралей. При разработке вопроса газоснабжения теплоцентралей, на которых предполагается установка ГТУ, при этом необходимо обеспечить минимальное давление газа перед дожимной компрессорной равное 3 кг/см².

Расход газа на теплоцентрали ТЦ-8,9,10 г. Ташкента для вариантов теплоснабжения приведены в таблице 1.

Мировой практикой общепризнано, с точки зрения экономии финансовых и материальных ресурсов, самым эффективным способом преобразования первичной энергии топлива в требуемые виды энергии (тепловая и электрическая) является когенерация - комбинированная (совместная) выработка тепловой и электро энергии.

Таблица 1

Расход газа на теплоцентрали ТЦ-8,9,10 г. Ташкента для вариантов теплоснабжения

Суммарный годовой расход газа на ТЦ-8,9,10, $\times 10^6$ м ³ /год	Суммарный годовой расход газа на 12 ГТУ, 10^6 м ³ /год	Годовой отпуск электроэнергии от 12-ти ГТУ, 10^6 кВт·ч
644,33	860,9	2604,5

Таблица 2

Основные показатели для сравнения мини-ТЭЦ [1]

Показатель	Газопоршневые	Газотурбинные
Долговечность	полный ресурс составляет 100...200 тыс. часов	-полный ресурс составляет 75÷140 тыс. часов
Количество и потенциал производимой теплоты	-0,86÷1,29 Гкал/ч на 1 кВт электрической мощности -сетевая вода с температурой 90–105 °С	-1,5–1,8 Гкал/ч на 1 кВт электрической мощности -сетевая вода с температурой 115–150 °С -водяной пар с давлением 9–40 кгс/см ² (температурой 250÷450 °С)
Экономичность	-Электро КПД 33÷40%. -КПД мало меняется при нагрузке от 100% до 50% электрической мощности (уменьш. 5...8%)	-Электрический КПД равен 25–35%. -КПД резко снижается на частичных электрических нагрузках (уменьшается на 13...18%)
Удельный расход топлива при 100% и 50% электронагрузках	0,25...0,33 м ³ /кВт·ч	0,35...0,503 м ³ /кВт·ч
Падение напряжения и время восстановления после 50% набора нагрузки	22% 8 с	40% 38 с
Влияние переменной электронагрузки	-не желательна долгая работа на нагрузках менее 50% -при меньшей единичной мощности агрегата, более гибкая работа мини-ТЭЦ и выше надежность энергоснабжения	- работа на частичных нагрузках (менее 50%) не влияет на состояние -при высокой единичной мощности агрегата, отключение вызывает потерю 30...50% мощности мини-ТЭЦ
Экологичность	Вредные выбросы: NO _x = 118÷185ppm; CO = 50÷107 ppm	Вредные выбросы: NO _x = 25–50 ppm; CO = 60–75ppm
Размещение в здании	-необходимо больше места, т.к. имеет больший вес на единицу мощности -не требуется компрессора для сжатия газа (рабочее давление газа на входе в мини-ТЭЦ – 0,1...0,35 кгс/см ²)	-при электрической мощности мини-ТЭЦ 5 МВт и выше, выигрыш от малого размера помещения незначителен -минимальное рабочее давление газа на входе – 12 кгс/см ² (т.е. необходим дожимающий компрессор, а так же оборудование для запуска турбины)
Обслуживание	-останов после 1000 ч. работы, (замена масла) -капитальный ремонт через 72 000 ч. выполняется на месте установки	-останов после каждых 2000 ч. -капитальный ремонт через 60 000 ч., выполняется на специальном заводе

При определении энергоэффективности внедрения когенерационной установкой (КУ), следует обратить внимание на особенность расчета показателя - расход ТЭР на производство продукции. В случае надстройки котельной КУ, показатель суммарное потребление топлива на предприятии, будет возрастать (дополнительный расход топлива на выработку электроэнергии). Это отобразится как ухудшение показателя удельный расход топлива на выпуск продукции.

На мировом рынке представлены мини-ТЭЦ на базе двигателей внутреннего сгорания электрической мощностью от 9 кВт до 3,9 МВт и тепловой мощностью от

0,02 до 3,6 Гкал/ч. Энергоблоки на базе двигателя внутреннего сгорания (ДВС) поставляются в блочно-модульном исполнении для стационарной установки или в транспортабельных контейнерах [1].

Полный перечень показателей, по которым производится сравнение ГТУ-ТЭЦ и мини-ТЭЦ на базе ДВС приведен в таблице 2

Для генерации тепловой энергии требуются топливо и электрическая энергия (привод насосов, вентиляторов, освещение и т.д.). Если, при определении расходов ТЭР на полученную конечную продукцию (тепловая энергия), учитывать все виды затрат, т.е.: затраты на генерацию тепловой энергии, на генерацию электрической энергии и на ее транспортировку до потребителя, то мы определяем расход первичного топлива на полученную конечную продукцию. Данный вид оценки эффективности использования ТЭР, является системной оценкой, наиболее полно и достоверно отображающей энергоэффективность использования ТЭР. При данном методе оценки энергоэффективности производства продукции, является показатель коэффициент использования топлива (к.и.т.).

На сегодняшний день, согласно методики определения эффективности потребления ТЭР на предприятии, все виды поступившей на предприятие ТЭР принято считать как первичная энергия, т.е. без учета фактических затрат энергии на выработку и транспортировку ТЭР до предприятия. Далее, при определении баланса потребления ТЭР, каждый затраченный вид ТЭР переводится в единую единицу измерения (условное топливо) по переводным коэффициентам, что не отображает фактические энергозатраты на выпуск продукции.

Так, если предприятие потребляет электроэнергию в количестве 1000 кВт·ч. При расчете баланса ТЭР, согласно действующей методике, потребление приравнивается 0,123 т.у.т. В тоже время, фактический расход топлива на обеспечение предприятия 1000 кВт·ч электроэнергии, составляет 0,415 т.у.т (данные работы ГАК «Узбекэнерго»). Следовательно, оценка энергоэффективности использования ТЭР по показателю - коэффициент использования топлива (к.и.т.) на выпуск единицы продукции, наиболее полно и достоверно отображает фактические затраты ТЭР.

Определяем к.и.т. совместного и раздельного (на ГЭС — электроэнергия, в котельной теплоэнергия) производства. Принимаем следующие значения к.п.д.: генерации тепла на котельной- 90%, генерации энергии на ГЭС - 32%, потери в линиях электропередачи- 10% (данные ГАК «Узбекэнерго»). Коэффициент использования топлива при раздельной генерации равен 56%. При кооперации значения к.и.т. достигает 85÷95% , при этом доля выработки электроэнергии 40÷45%, тепловой энергии 45÷90% (данные фирм изготовителей КУ). Экономия топлива на производство одного и того же количества тепловой и электрической энергии при раздельной и совместной генерации достигает 30÷40%.

Выбор мощности газопоршневого агрегата (ГПА) обосновывался исходя из модельного ряда предлагаемых производителями ГПА. По каталогам производителей выбраны ГПА мощностью: 1 вариант, $P_3=330$ кВт, 2 вариант $P_3=400$ кВт. Результаты расчета представлены в таблице 3. Срок окупаемости по варианту 2 (с учетом затрат только стоимость оборудования) составляет 2 года.

Следует отметить, кроме экономии средств на предприятии, в данном случае имеется экономия первичного топлива, которую следует учитывать как снижение затрат непосредственно в топливно-энергетическом комплексе Республики Узбекистан, в количестве равном 0,5 млн $\text{м}^3/\text{год}$.

Условия, обеспечивающие максимизацию эффекта от использования технологии газопоршневых агрегатов:

1. Газопоршневые агрегаты перспективны в качестве основного источника выработки электроэнергии и теплоты на объектах жилищно-коммунального хозяйства

(с электрическими и тепловыми нагрузками 0,3...15 МВт): в жилых и общественных зданиях, торговых и спортивных комплексах, гостиницах, санаториях, пансионатах.

2. Газопоршневые агрегаты целесообразно использовать в качестве пикового или резервного источника энергоснабжения на промышленных предприятиях с резко переменными электрическими нагрузками.

Таблица 3

Сравнение технико-экономических показателей вариантов установки газо-поршневых агрегатов на котельной «Водник» с котлоагрегатами 60 Гкал/ч

Наименования		ед изм	1 вариант	2 вариант
электрическая мощность ГПА		кВт	330	400
тепловая мощность ГПА		кВт	363	427
		\$/кВт	600	650
удельная стоимость ГПА		тыс.\$/кВт	0,6	0,65
стоимость ГПА		тыс.\$	297	260
удельный расход топлива		нм ³ /ч	90	100
к.п.д. установки	электрическая	%	38,7	42,2
	тепловая	%	42,6	45
годовая выработка электроэнергии		МВт·ч/г	2112.	2560
		МВт·ч/г	2323,2	2732,8
годовая выработка теп./энергии		Гкал/г	2000,28	2350,21
Годовой расход топлива		тыс. м ³ /год	720	800,00
годовая стоимость топлива		тыс.\$	54,24	60,27
объем масляного бака		литр	160	140
удельный расход масла на угар		грамм/кВт·ч	0,3	0,2
расход масла		литр	1433,6	1212
стоимость масла		тыс.\$	0,96	0,81
Итого затраты на ГПА		тыс.\$	255,1	322,69

Список литературы:

1. Ольховский Г. Г. Газовые турбины для энергетики // Теплоэнергетика, 2004 г., № 1, С. 33-43

PROBLEMS OF THE USING OF COGENERATING INSTALLATIONS AT BOILERHOUSES IN TASHKENT CITY

M.A. Koroli, A. Anarbaev

State Technical University, Tashkent, 100002, Uzbekistan, e-mail: mkoroly@list.ru

Abstract

The article analyzes the technology of cogenerative producing electrical and thermal energy at large boiler houses in the city of Tashkent. The advantages of operation of gas piston units in comparison with powerful gas turbines are shown. A technical economical calculation is given for one of the local boiler houses in Tashkent

ОСОБЕННОСТИ ГИДРОХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА АКВАТОРИИ НИЖНЕГО ДОНА В 2018 ГОДУ

Ю.В. Косенко

Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»),
Ростов-на-Дону, 344002, Россия, e-mail: kosenko_y_v@azniirkh.ru

Изучение гидрохимических характеристик р. Дон имеет важное рыбохозяйственное значение. В настоящее время р. Дон, особенно акватория Нижнего Дона, представляет собой трансформированную природную экосистему, состояние которой в последние годы значительно ухудшается [1]. Наибольшее влияние оказывает хозяйственная деятельность человека. После запуска в работу Цимлянского водохранилища, доминирующее влияние на гидрохимический режим р. Дон ниже по течению стали занимать биологические и биохимические процессы, протекающие в самом водохранилище [5]. Зарегулирование р. Дон Цимлянском водохранилищем, безвозвратное изъятие речной воды водопользователями, преобразование поверхности водосбора в результате агротехнических и лесомелиоративных мероприятий, дополнительные потери на испарение с поверхности водохранилища привели к общему снижению водности Дона и резкому изменению гидрохимических условий в нижнем течении реки [4]. Весеннее половодье 2018 г., обеспечившее повышенные попуски объемов воды с Цимлянского водохранилища, не могло не оказать влияние на гидрохимические характеристики воды в нижнем течении р. Дон.

Вследствие вышесказанного, в 2018 г. в нижнем течении р. Дон в поздневесенний (май) и раннеосенний (сентябрь) периоды был проведен мониторинг гидрохимических показателей на 8 станциях (рисунок 1):

- 1) р. Дон в районе ст. Романовской, причал;
- 2) р. Дон в районе г. Семикаракорск;
- 3) 0,5 км ниже устья р. Сал;
- 4) 0,5 км ниже устья р. Маныч;
- 5) устье пр. Аксай;
- 6) 0,5 км ниже устья р. Темерник;
- 7) 0,5 км ниже очистных сооружений г. Ростова-на-Дону;
- 8) рук. Мокрая Каланча.



Рис. 1. Карта-схема расположения комплексных станций мониторинга на акватории р. Дон в 2018 г.

При определении гидрохимических показателей использовали общепринятые методы, представленные в руководящих документах, принятых и утвержденных в Аналитическом испытательном центре, аккредитованном Федеральной службой по аккредитации (Аттестат аккредитации № RA.RU.510217). В воде поверхностного горизонта определяли концентрации растворенного кислорода (РД 52.24.419), взвешенных веществ и общей минерализации (РД 52.24.468), азота аммонийного (РД 52.24.383), азота нитратного (РД 52.24.523), общего азота (РД 52.24.364) и общего фосфора (РД 52.24.387).

На исследуемой акватории Нижнего Дона средняя концентрация растворенного в воде кислорода в поздневесенний и раннеосенний периоды составляла 11,21 и 8,15 мг/дм³, соответственно. В сентябре 2018 г. концентрация кислорода в воде была ниже на 27% относительно значений, полученных в мае, что обусловлено активизацией минерализации органических веществ, приводящей к увеличению уровня деструкционных процессов и расходованию растворенного кислорода. Кроме того, весеннее половодье в 2018 г. способствовало увеличению концентрации растворенного в воде кислорода на всем протяжении участка Нижнего Дона в среднем на 32% относительно значений, полученных за аналогичный период 2017 г.

Наиболее низкое содержание в воде кислорода (6,26 мг/дм³) установлено в районе ст. Романовской в сентябре 2018 г., тогда как в мае на данной точке забора концентрация кислорода была наиболее высока относительно средних значений по акватории – 15,80 мг/дм³. Данный факт может быть связан с особенностями режимного попуска воды с Цимлянского водохранилища. В целом, концентрация растворенного кислорода в воде нижнего течения р. Дон соответствовала ПДК, установленным для рыбохозяйственных водоемов. Кислородный режим характеризовался как благоприятный для водных биологических ресурсов.

Среднее значение взвешенных веществ в воде в поздневесенний период было выше в 2,4 раза относительно раннеосеннего и составляло 32 мг/дм³. Можно предположить, что взвешенное вещество в воде весной 2018 г. было представлено преимущественно клетками фитопланктона, повышение продуктивности которого приводило к высокому содержанию растворенного кислорода.

Показатель общей минерализации воды в мае и сентябре 2018 г. соответствовал умеренно пресным водам. Согласно фондовым данным ФГБНУ «АзНИИРХ» в 2017 г. общая концентрация солеобразующих ионов в р. Дон повышалась до 1368 мг/дм³. Увеличение водности р. Дон в 2018 г. привело к значительному снижению общей минерализации воды, в частности, в поздневесенний период концентрация основных солеобразующих ионов снизилась на 30% в сравнении с аналогичным периодом 2017 г.

Среднее значение азота аммонийного в воде р. Дон в 2018 г. в динамике года значимо не изменялось. При этом, отмечено увеличение средней концентрации в воде нитратного азота в раннеосенний период в 14 раз в сравнении с предыдущим этапом мониторинга за счет значительного локального увеличения данного показателя в р. Дон в районе устья р. Темерник (4,326 мг/дм³). Таким образом, в раннеосенний период 2018 г. в 500 м от устья р. Темерник отмечено выраженное загрязнение акватории нитратами. При этом, следует отметить, что превышения ПДК азота аммонийного и азота нитратного в воде р. Дон в 2018 г. не установлено.

Общие формы азота и фосфора отражают содержание минеральных и органических форм данных элементов. Локальное увеличение концентрации общего азота в р. Дон в районе устья р. Темерник в раннеосенний период обусловлено избыточным содержанием нитратного азота. При этом, в поздневесенний период значительное увеличение концентрации общего фосфора было отмечено в р. Дон в 500 м ниже устья пр. Аксай, что может являться следствием влияния на водный объект крупных коммунальных или производственных объектов. Следует отметить,

что в 2017 г. на данном участке р. Дон в летний период года отмечали высокий уровень фосфатов (по фосфору), соответствующий верхней границе ПДК (0,20 мг/дм³).

Соотношение в воде общих форм азота и фосфора является показателем трофности водного объекта. Для олиготрофных и мезотрофных водных объектов характерно отношение общего азота к общему фосфору 30-40 : 1, для эвтрофных оно снижается до 20-25 : 1, для гиперэвтрофных – до 10-15 : 1, что подчеркивает определяющую роль фосфора в эвтрофировании [2]. В мае 2018 г. высокая концентрация общего фосфора в р. Дон в 500 м ниже устья пр. Аксай привела к значительному эвтрофированию воды (соотношение азота к фосфору составляло 2). В сентябре, в районе устья р. Темерник высокое содержание в воде общего азота вследствие загрязнения воды нитратами способствовало снижению уровня трофности воды (соотношение азота к фосфору составляло 42). В целом, р. Дон в нижнем ее течении в 2018 г. характеризовалась как гиперэвтрофный водный объект. Следует отметить, что согласно фондовым данным ФГБНУ «АзНИИРХ» для р. Дон характерна высокая трофность воды [3].

Одной из важнейших задач мониторинга акватории Нижнего Дона является не только изучение особенностей среды обитания водных биоресурсов, но и анализ влияния сточных вод крупных городов на гидрохимический режим. Показано, что в 2018 г. в р. Дон на участке, расположенном 500 м ниже сброса канализации г. Ростова-на-Дону, не отмечено выраженного загрязнения воды по гидрохимическим параметрам – концентрации аммонийного и нитратного азота не превышали ПДК для рыбохозяйственных водоемов. Кроме того, не установлено превышения средних по акватории значений общей минерализации воды, общих форм азота и фосфора, концентрации взвеси, кислородный режим характеризовался как благоприятный.

Таким образом, мониторинг акватории Нижнего Дона, проведенный в поздневесенний и раннеосенний периоды 2018 г., позволил установить некоторые особенности гидрохимического режима на отдельных участках, связанные с природными или антропогенными факторами воздействия. Высокие уровни сброса воды с Цимлянского водохранилища в весенний период 2018 г. обеспечили не только развитие половодья на Дону, но и улучшение гидрохимических характеристик воды – увеличение концентрации растворенного кислорода, снижение общей минерализации воды. В целом, по гидрохимическим характеристикам в 2018 г. среда обитания в нижнем течении р. Дон характеризовалась как благоприятная для жизнедеятельности водных биологических ресурсов.

Список литературы:

1. Воловик С.П., Корпакова И.Г., Лавренова Е.А., Темердашев З.А. Экосистема Азовского моря: режим, продуктивность, проблемы управления / С.П. Воловик и др. – Краснодар: Кубанский государственный университет, 2010. – 493 с.
2. Даценко Ю.С. Некоторые особенности эвтрофирования водохранилищ. Антропогенные изменения экосистем малых озер (причины, последствия, возможности управления) / Ю.С. Даценко. – СПб.: Гидрометеиздат, 1991. Кн.1. – С. 164 – 166.
3. Косенко Ю.В., Баскакова Т.Е., Картамышева Т.Б. Роль стока реки Дон в формировании продуктивности Таганрогского залива / Ю.В. Косенко, Т.Е. Баскакова, Т.Б. Картамышева // Водные биоресурсы и среда обитания, 2018. – Т. 1. – № 3 – 4. – С. 32 – 39.
4. Никаноров А.М. Региональная гидрохимия / А.М. Никаноров. – Ростов-на-Дону: Изд-во «НОК», 2011. – 389 С.
5. Шеломов И.К., Соколова Е.В., Ивченко С.И. Биогенный сток Дона / И.К. Шеломов, Е.В. Соколова, С.И. Ивченко // Рыбохозяйственные исследования в

Азовском бассейне по запасам рыб и условиям их обитания. Труды Азовского НИИ рыбного хозяйства, 1963. – Вып. VI. – С. 7 – 16.

FEATURES OF THE HYDROCHEMICAL REGIME OF WATERS OF THE LOWER DON IN 2018

Yu. V Kosenko

*Azov-black sea branch of FSBI "VNIRO" ("Azniirkh"),
Rostov-on-don, 344002, Russia, e-mail: kosenko_y_v@azniirkh.ru*

Abstract

The analysis of the features of the hydrochemical regime of the Lower Don water area in 2018. Sampling was carried out from the surface horizon in the late spring (may) and early autumn (september) periods. It is shown that the high levels of water discharge from the Tsimlyansk reservoir in the spring of 2018 provided not only the development of flood on the Don, but also the improvement of hydrochemical characteristics of water – an increase in the concentration of dissolved oxygen, a decrease in the total mineralization of water. When analyzing the level of trophicity, it was found that the Don river in its lower reaches in 2018 it was characterized as a hypereutrophic water body. According to many years of research, this trend is typical for this water body. In 2018 in the Don river on the site located 500 m below discharge of the Sewerage of Rostov-on-Don, the expressed pollution of water on hydrochemical parameters isn't noted. In General, the hydrochemical characteristics of the habitat in the lower reaches of the Don river in 2018 was characterized as favorable for the life of aquatic biological resources.

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ЗАЩИТЫ ОТ АКУСТИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИМАГИСТРАЛЬНЫХ РАЙОНОВ Г. СЕВАСТОПОЛЯ

М.А.Косовская¹, Н.Н. Ленивенко², Н.В. Лямина³

*ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», Институт ядерной энергии и промышленности, г. Севастополь, 299015, Россия
e-mail: ¹sevtania@rambler.ru, ²ninamypost@yandex.ru, ³burmistrovan@mail.ru*

Современная урбанизация и все возрастающее техногенное воздействие на окружающую среду неизбежно приводят к появлению новых антропогенных источников воздействия на окружающую природную в природных объектах и увеличению уровня экологического риска для населения. Отдельное место в ряду основных видов загрязнения окружающей среды в современных городах наряду с выбросами загрязняющих веществ занимает акустическое загрязнение.

На сегодняшний день проблема шума урбанизированных территорий является особенно актуальной. В городах уровни уличных шумов возрастают в среднем на 1дБ в год и эта тенденция роста сохраняется. Поскольку уровень шума в городах постоянно возрастает, то его следует учитывать при проектировании, реконструировании урбанизированных территорий, планировочных районов, так как ограничение, а тем более снижение шума в сложившихся городских условиях – задача необычайно сложная. Шум города складывается из шумов различных источников и, прежде всего, от промышленных предприятий, транспорта,строек, работы оборудования, и т. д. Самым распространенным и наиболее утомляющим является шум транспорта, который зависит от скорости движения и частоты остановок (с их увеличением уровень шума возрастает) и методов, применяемых для снижения уровня акустического загрязнения.

Объектом исследования является акустическое загрязнение примаргистральных территорий города Севастополя. Цель исследования – анализ используемых методов снижения уровня шума на основных магистралях города Севастополя. В ходе исследования по результатам многолетних наблюдений были выбраны наиболее антропогенно нагруженные магистрали в каждом из административных районов города, с использованием разных шумозащитных методов.

Были выбраны три центральные магистрали г. Севастополя с разной степенью антропогенной нагрузки. Были выбраны десять точек в Ленинском, Гагаринском и Нахимовском административных районах: на пересечении улиц Горпищенко и Костромской (Т1), на ул. Истомина (Т2), на пересечении улиц Героев Севастополя и Николая Островского (Т3), на ул. Вакуленчука (Т4), на ул. Степаняна (Т5), на площади Комбата Неустроева (Т6), на проспекте Генерала Острякова (Школа № 22 им. Н.А. Острякова (Т7), «СевГорРынХоз» 5-й километр (Т8) и на ул. Гоголя (Т9), пересечение улиц Советская и Сергеева-Ценского (Т10). На рис. 1 представлены места замеров

Внешний шум автомобилей в среднем достигает величин порядка 79-92 дБ, а внутренний – 68-83 дБ. На уровень шума транспортного потока оказывает влияние ряд факторов: категория улиц и дорог; характеристика транспортных потоков; интенсивность и неравномерность дорожного движения; структура транспортных потоков (состав и однородность транспортного движения); конструктивные особенности дорог и их техническое состояние (степень ровности, наличие уклонов, эстакад, тоннелей и т.д.). Что определяет выбор того или иного метода защиты от акустического загрязнения улиц города.

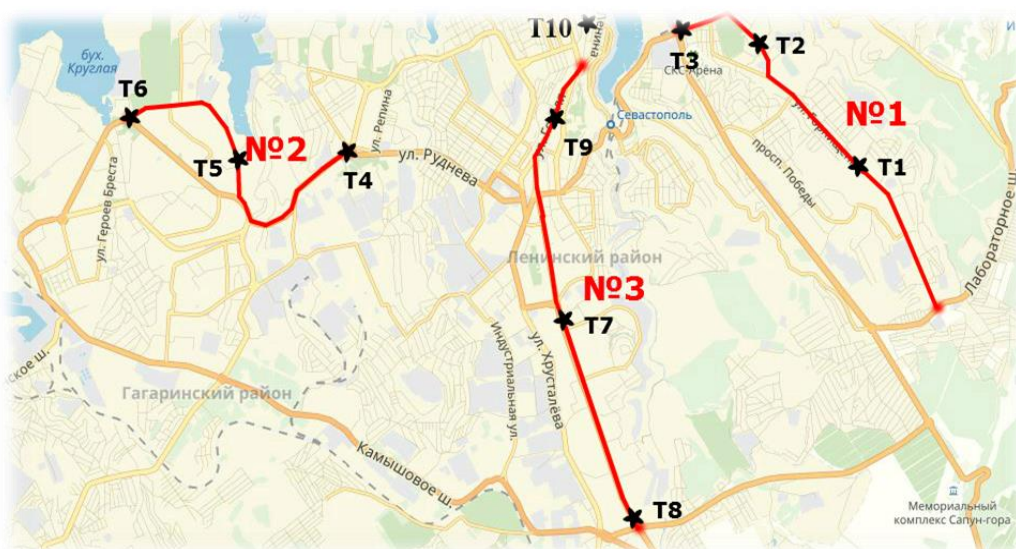


Рис. 1. Места замеров

В целях снижения городского шума проводят специальные градостроительные мероприятия, которые дают максимальный эффект при комплексном их применении: удаляют жилые дома от проезжей части; в качестве шумозащитных экранов на магистрали размещают общественные здания, автостоянки, сооружения торгового и коммунального назначения (склады, магазины, мастерские, небольшие бесшумные предприятия); создают инженерные шумозащитные сооружения, конструкции и устройства (стены, экраны), выемки, насыпи и специальные полосы зеленых насаждений. Уменьшение шума от транспорта достигается за счет рациональной трассировки транспортных магистралей, выведения их с территории жилого района и определенного ограничения скорости движения транспорта.

К основным техническим средствам защиты от шума автомобилей в городской среде относятся: озеленение, использование звукоизолирующих или звукопоглощающих покрытий, использование виброизолирующих дорожных покрытий, устройство шумо- и виброизолирующих экранов на автодорогах

В городе Севастополе на сегодняшний день не применяются ни шумоизолирующие экраны, ни специализированные асфальтовые покрытия на дорогах. Однако, широко применяются зеленые насаждения, выполняющие сразу несколько функций: они поглощают часть загрязняющих веществ выбросов от автомобилей, служат эстетическим украшением и снижают определенный уровень шума.

Для анализа используемых шумозащитных методов был проведен анализ загруженности исследуемых улиц путем прямого подсчета автомобилей разных типов осенью и зимой, в будний и выходной день повторностью 60 минут. Осенние подсчеты показали наибольшее количество автомобилей как в будние, так и выходные дни.

Замеры уровня шума проводились в сентябре 2018 года, январе 2019 года. Замеры проводились шумомером ТМ-102 по определенной схеме, указанной в ГОСТе 20444-85. Результаты представлены в гистограммах (рис. 2-4). Все замеры проводились в двух вариантах: рядом с дорогой и возле жилой застройки.

Наиболее часто в городе используются зеленые шумозащитные полосы. Литературные источники показывают, что наибольший эффект в снижении шума дает посадка шириной 20 м, т. е. 5 рядов хвойных деревьев и 2 ряда кустарников. Однако в городе такой зеленой полосы нет. Для анализа этого метода замеры проводились вдоль автомагистрали №3. На данном объекте исследования используется двухрядная зеленая полоса кустарниковых и хвойных дендроформ. Замеры проводились в точках 9, 8, 7. Результаты замеров в разных точках дороги с одинаковой антропо-

генной нагрузкой были усреднены. 1а - точка замера возле дороги. 1б – точка замера за защитной зеленой полосой.

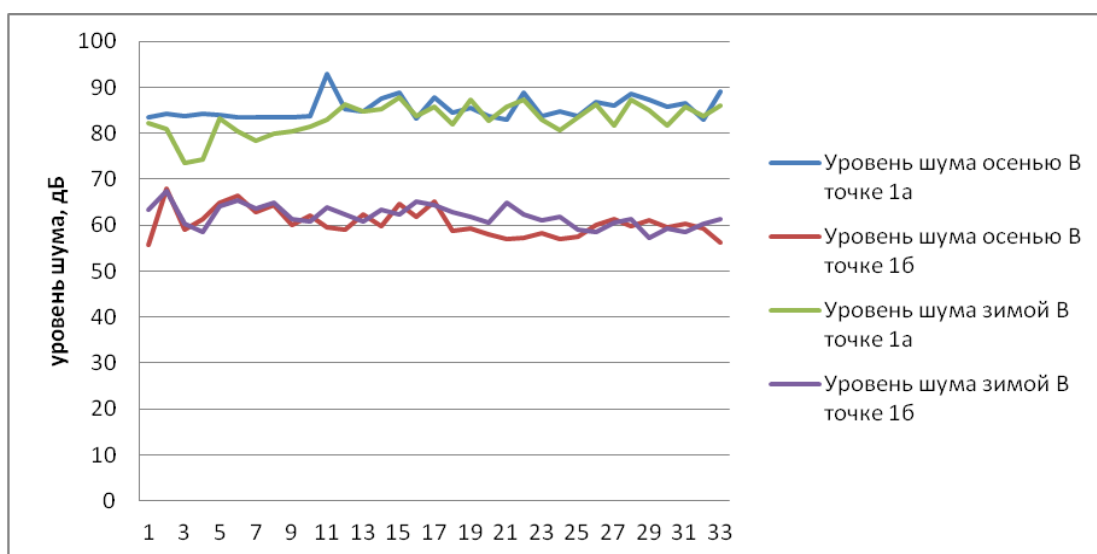


Рис. 2. Результаты замеров уровня шума автомагистрали №3

Результаты замеров показали снижение уровня осенью до нормативных показателей. И не достаточное снижение уровня шума зимой, вызванное отсутствием листовой пластины у кустарников.

Одним из технических методов снижения уровня шума является градостроительный метод. Наиболее действенными планировочными мерами защиты от шума жилых зон является функциональное зонирование территории с выделением шумных промышленных и транспортных зон. Промежуточные территории могут использоваться для размещения сооружений, в меньшей степени подверженных шумовому воздействию, которые превращаются в буферные зоны, защищающие от воздействия шума. Для защиты жилых зданий и населения в них проживающих, жилые постройки находятся на расстоянии около 50 м от проезжей части, причем между ними и дорогой находятся ряд небольших зданий, используемых, например, в качестве учреждений торговли.

В качестве анализа градостроительного метода была выбрана автомагистраль №2 (точки 4,6). Замер 2а – возле дороги, 2б – за линией сооружений.

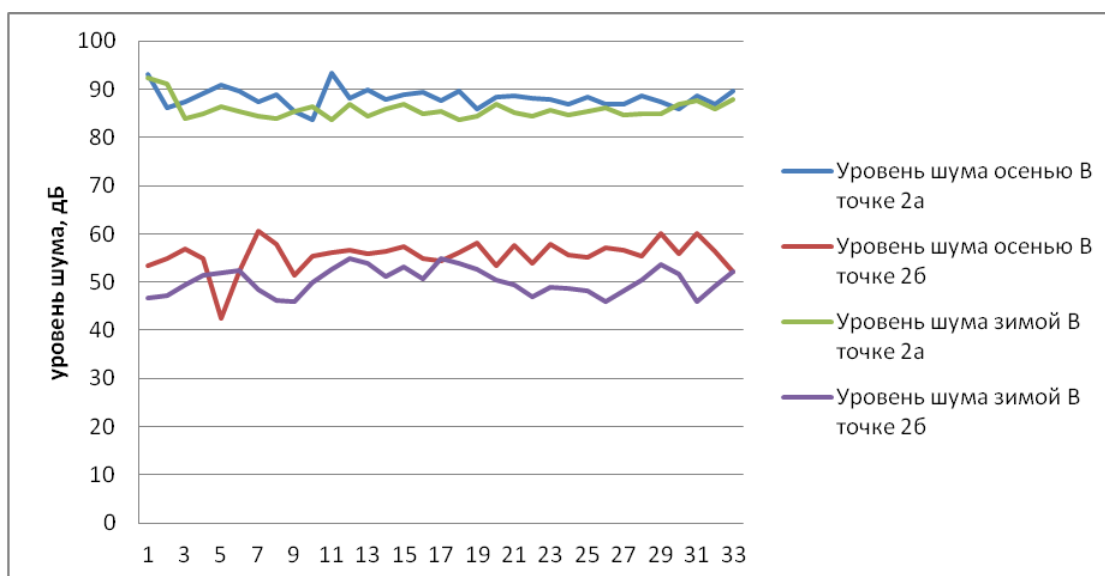


Рис.3. Результаты замеров уровня шума автомагистрали №2

Таким образом, можно сделать вывод о снижении уровня до практически нормативного зимой и недостаточности снижения в осенний период. Кроме того, при определении загруженности улицы было отмечено более высокое количество автомобилей осенью, особенно это касается автомобилей с высокой и средней грузоподъемностью

К организационным методам защиты относятся: контроль движения автотранспорта, пропуск транзитного грузового транспорта через обходы, снижение скорости движения, ограничение движения автотранспорта в ночное время, и ограничение движение транспорта, создание одностороннего движения. Такие методы применяются вдоль исследуемой автомагистрали №1. Замеры проводились в точке 2 – (3а) без ограничения скорости движения и точке 1 (3б) с ограничениями. Результаты замеров представлены в гистограмме 3.

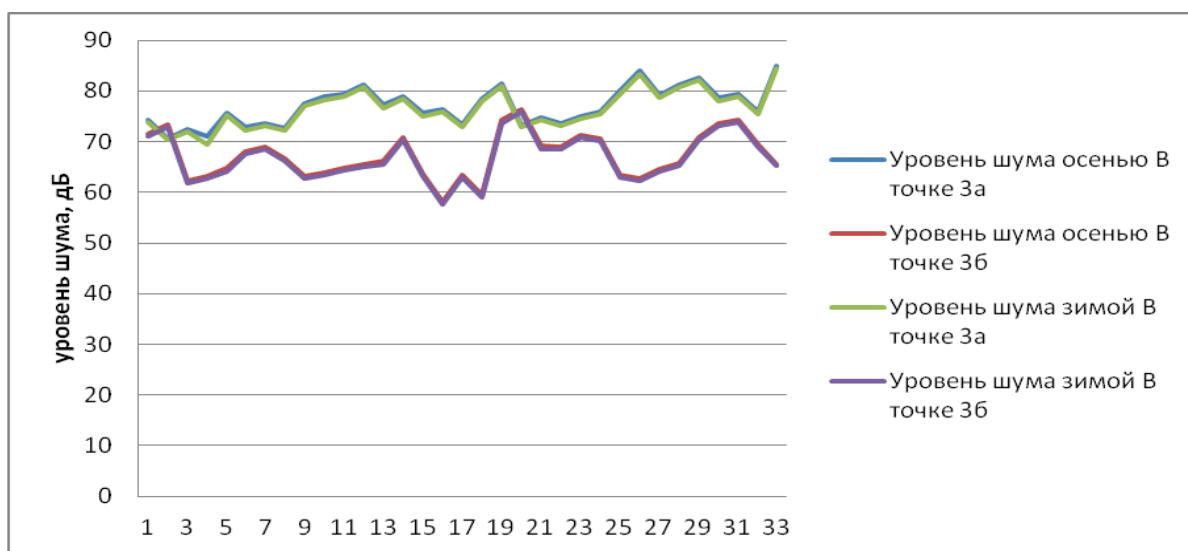


Рис.4. Результаты замеров уровня шума автомагистрали №1

Результаты исследований показали, что изменение уровня шума с применением данного метода, т.е. с изменением движения транспорта на однополосное практически не происходит.

Таким образом, по результатам исследований можно сделать вывод о недостаточности использования анализируемых методов для снижения уровня акустического загрязнения улиц города Севастополя.

Рекомендации:

Для снижения уровня загрязнения городской среды с транспортными магистралями до необходимого уровня необходимо применять следующие меры:

1) Организационные:

А) градостроительные:

- ✓ Жилые застройки, детские ясли-сады, учреждения здравоохранения и т.д. необходимо размещать в зоне, наиболее удаленной от дороги (с учетом затухания звука в шумозащитной полосе зеленых насаждений). Ближе к дороге расположить учреждения торговли и культурно-бытового обслуживания.
- ✓ При застройке следует соблюдать принцип постепенного наращивания этажности жилых домов в глубину застройки.
- ✓ Необходимо использовать усиленную звукоизоляцию фасадов домов, обращенных к транспорту, звукопоглощающие окна (например стекопакеты), двери, использование строительного материала с хорошим звукопоглощающим эффектом (например ракушечник).

Б) транспортные:

- ✓ Ограничение скорости движения транспорта на улице, запрет движения гру-

зового транспорта.

✓ Организация улиц с односторонним движением.

2) Технические

А) В качестве дополнительного средства защиты от шума нужно использовать шумозащитные полосы зеленых насаждений. Кроны деревьев должны плотно прилегать друг к другу, пространство под кронами рекомендуется заполнять зеленой массой кустарников. Ширина полос должна быть не менее 10 м.

Для таких полос следует использовать породы быстрорастущих крупноразмерных деревьев с густо ветвящейся низко опущенной плотной кроной. Полосы из хвойных пород деревьев наиболее эффективны и обладают круглогодичным действием, но в городских условиях они плохо растут, поэтому их следует объединять с деревьями лиственных пород.

Б) Установка специализированных акустических экранов и специальных асфальтовых покрытий.

Применение выше указанных мер поможет снизить уровень шума в городской среде на 23 дБ.

При городской застройке желательно применять все указанные меры в комплексе, т.к. по отдельности они не дают желательного эффекта с точки зрения санитарно-гигиенического нормирования.

Список литературы:

1. ГОСТ 20444-2014 Шум. Транспортные потоки. Методы определения шумовой характеристики.
2. СП 51.13330.2011 Защита от шума.
3. ГОСТ 31296.1-2005 (ИСО 1996-1:2003). Шум. Описание, измерение и оценка шума на местности. Часть 1. Основные величины и процедуры оценки"

ASSESSMENT OF THE DEGREE OF PROTECTION AGAINST ACOUSTIC POLLUTION IN THE MAIN DISTRICTS OF THE SEVASTOPOL

M.A. Kosovskaya¹, N.N. Lenivenko², N.V. Lyamina³

*Sevastopol State University, Institute of Nuclear Energy and Industry,
Sevastopol, 299015, Russia*

*e-mail:*¹ sevtania@rambler.ru, ² ninamypost@yandex.ru, ³ burmistrovan@mail.ru

Abstract

Assessment of the degree of protection against acoustic pollution in the main districts of the Sevastopol. The object of the study is the acoustic pollution of the highways of the city of Sevastopol. The purpose of the study is to analyze the methods used to reduce noise on the main roads of the city of Sevastopol. Three central highways of the city of Sevastopol were selected with varying degrees of anthropogenic load using different noise protection methods. The measurements were carried out using a portable sound level meter TM-102.

УДК 574.4

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ОСНОВНЫХ МАГИСТРАЛЕЙ Г. СЕВАСТОПОЛЯ

**М.А. Косовская¹, Н.В. Лямина², С.С. Александрова³, А.А. Шинкоренко⁴,
Якименко Е.Ю.⁵**

*ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», Институт
ядерной энергии и промышленности, г. Севастополь, 299015, Россия
e-mail: ¹sevtania@rambler.ru, ²burmistrovan@mail.ru, ³svetka.lisova969@yandex.ru,
⁴shinkorenkoanna97@mail.ru, ⁵ekaterina.yakimenko40@gmail.ru*

Воздействие человека на окружающую природную среду увеличивается по мере развития цивилизации. При этом основными источниками воздействия на атмосферный воздух по-прежнему остается промышленность и автотранспорт. Степень загрязнения атмосферного воздуха относится к тем приоритетным факторам, которые влияют на здоровье населения. Уровень загрязнения атмосферы воздуха Севастополя формируется в зависимости от химического состава вредных (загрязняющих) веществ, выбросов автотранспорта и их распределения на территории города [1].

Основными источниками загрязнения атмосферного воздуха города Севастополя являются объекты теплоэнергетического комплекса и автотранспорт. По данным Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по городу Севастополю (Севастопольстат) в 2017 выброс загрязняющих веществ в атмосферный воздух от автотранспорта составил 23,2 тыс. тонн, из них 17,9 тыс. тонн приходится на оксид углерода. [1]. Общее количество исследований на автомагистралях в 2017 году составило 48, превышений ПДК не выявлено (в 2016 г. - 72 исследования, превышений ПДК не выявлено) [1]. Однако наблюдается резкое увеличение количества автомобилей на дорогах города. За последние 3 года число автомобилей в Севастополе выросло на 30%. Если в 80-е годы было порядка 80 автомобилей на тысячу жителей, в 90-е годы – 200 автомобилей, то на сегодняшний день ориентировочно 350 автомобилей [1]. Что приводит к необходимости более жесткого контроля состояния атмосферного воздуха автомобильных дорог.

Объектом исследования были выбраны три центральные магистрали г. Севастополя с разной степенью антропогенной нагрузки. Были выбраны десять точек в Ленинском, Гагаринском и Нахимовском административных районах: на пересечении улиц Горпищенко и Костромской (Т1), на ул. Истомина (Т2), на пересечении улиц Героев Севастополя и Николая Островского (Т3), на ул. Вакуленчука (Т4), на ул. Степаняна (Т5), на площади Комбата Неустроева (Т6), на проспекте Генерала Острякова (Школа № 22 им. Н.А. Острякова (Т7), «СевГорРынХоз» 5-й километр (Т8) и на ул. Гоголя (Т9), пересечение улиц Советская и Сергеева-Ценского (Т10).

В ходе исследования был проведен прямой подсчет количества и видов автотранспорта в осенний, зимний и весенний периоды, в будние, выходные дни, в утренние, дневные и вечерние часы. По результатам чего была построена гистограмма условного ранжирования точек в зависимости от степени антропогенной нагрузки. (Рис.1). Кроме того, в ходе проведения исследований для более качественного учета степени загрязнения был построен профилейный рельеф исследуемых дорог и учтена роза ветров. Построенный рельеф предполагает накопления загрязняющих веществ по всем исследуемым точкам дороги № 1. Учитывая розу ветров на дороге №2, предполагается увеличение концентраций загрязняющих веществ в районе 5-го километра за счет большого угла наклона. Дорога №3 характеризуется отсутствием аномальных завихрений и накоплений концентраций загрязняющих веществ.

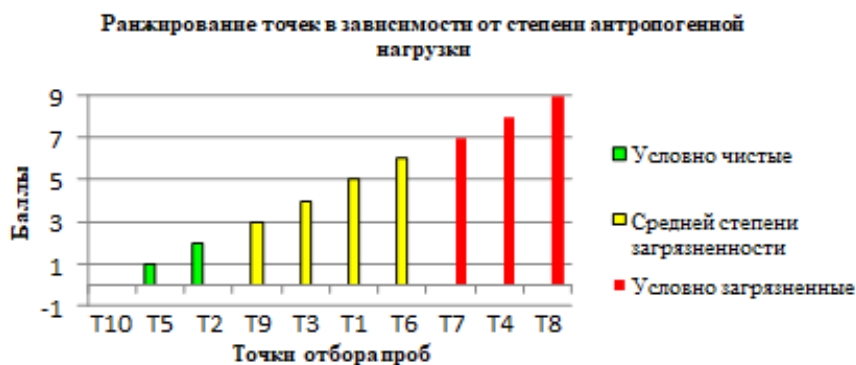


Рис. 1. Ранжирование точек в зависимости от степени антропогенной нагрузки.

В ходе исследований было проанализировано состояние атмосферного воздуха по уровню акустического загрязнения и основным эксгалатам методом инструментальных замеров.

По результатам замеров акустического загрязнения было выявлено: наиболее высокий уровень шума в точках Т3 (77 дБА), Т6 (77 дБА), Т8 (81 дБА), что свидетельствует о превышении нормативных показателей по уровню шума для населенных пунктов (70 дБА) (рис. 2-3) [2].

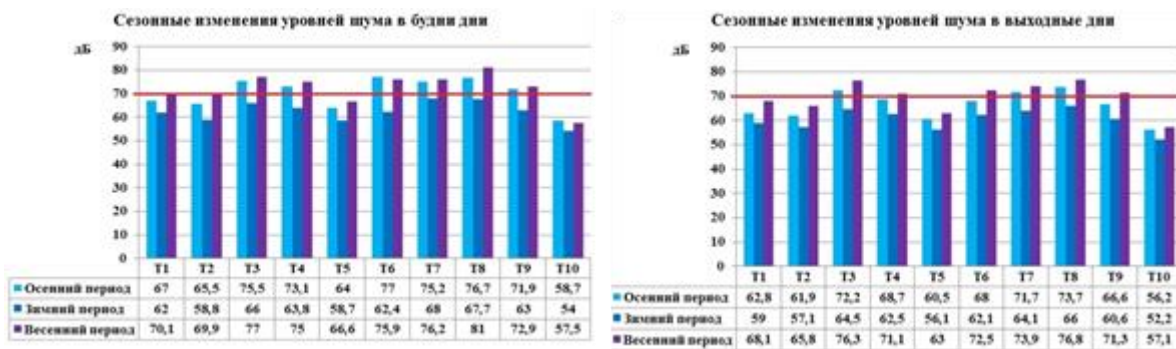


Рис. 2-3. Сезонные изменения уровней шума в будни и выходные дни 2017-2018 гг.

В ходе исследования были проведены замеры загрязнения воздуха по основным поллютантам (рис. 4-5). Замеры проводились осенью и зимой 2017 г и 2018г., весной 2018 г. воздухозаборным устройством УГ-2.



Рис. 4. Среднесуточная концентрация оксида углерода в воздухе примагистральных территорий (в кратности ПДК) 2017 -2018 гг.

Среднесуточная концентрация сернистого ангидрида в кратности ПДК

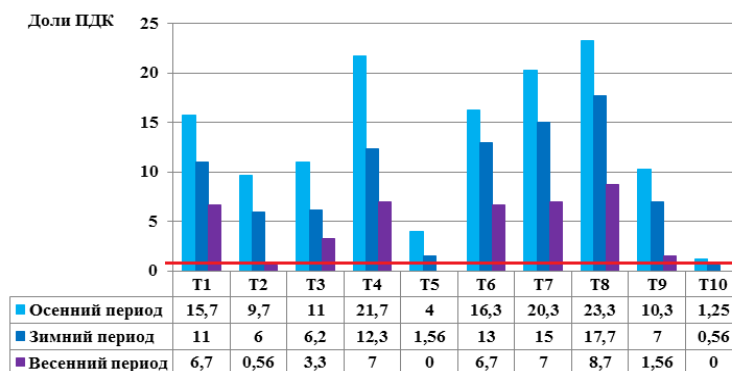


Рис. 5. Среднесуточная концентрация сернистого ангидрида в воздухе примагистральных территорий (в кратности ПДК) 2017 -2018 гг.

Наиболее загрязненной точкой по всем исследуемым параметрам оказалась точка Т8, а наименее загрязненной – Т5. По всем остальным точкам были выявлены незначительные превышения нормативных показателей.

Данные замеров подтвердили условное ранжирование точек.

Результаты инструментальных исследований были подтверждены исследованиями методами биоиндикации дендроформ. В качестве материала для исследований было выбрано три вида деревьев с разной степенью газоустойчивости, произрастающие во всех исследуемых точках: софора японская (*Styphnolobium japonicum* (L.) Schott), клен остролистный (*Acer platanoides* L.) и тополь пирамидальный (*Populus nigra* var. *italica* Munchh.) (рис. 6).

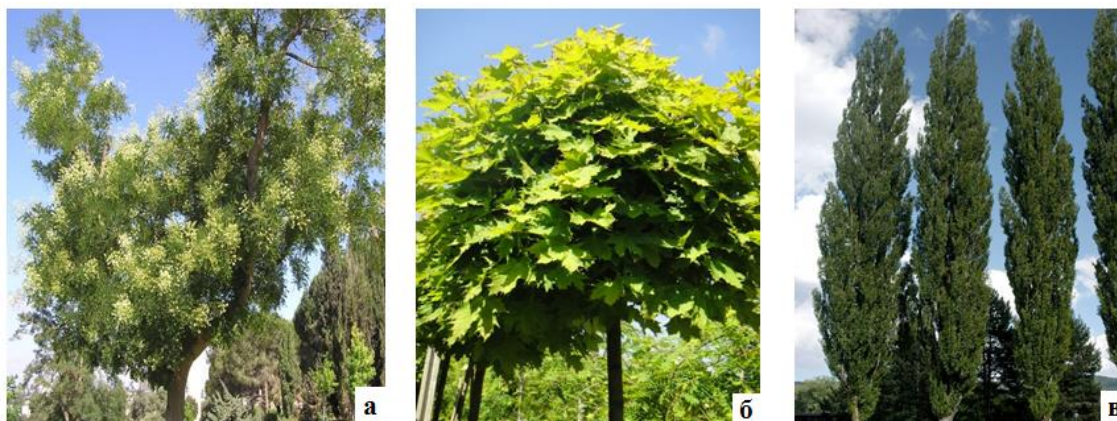


Рис. 6. Исследуемые деревья : а) софора японская (*Styphnolobium japonicum* (L.) Schott); б) клен остролистный (*Acer platanoides* L.); в) тополь пирамидальный (*Populus nigra* var. *italica* Munchh.)

Для оценки качества атмосферного воздуха примагистральных территорий в исследуемых точках были проанализированы следующие показатели: каталаза (КФ 1.11.1.6), пероксидаза (КФ 1.11.1.7), пыль.

По результатам анализов на определение ферментной активности каталазы наиболее загрязненной точкой оказалась Т8, наименее загрязненной – Т5 и Т2 (рис. 7-9).

По результатам анализов на определение ферментной активности пероксидазы наиболее загрязненной точкой оказалась Т8, наименее загрязненной – Т5 (рис. 10-12).

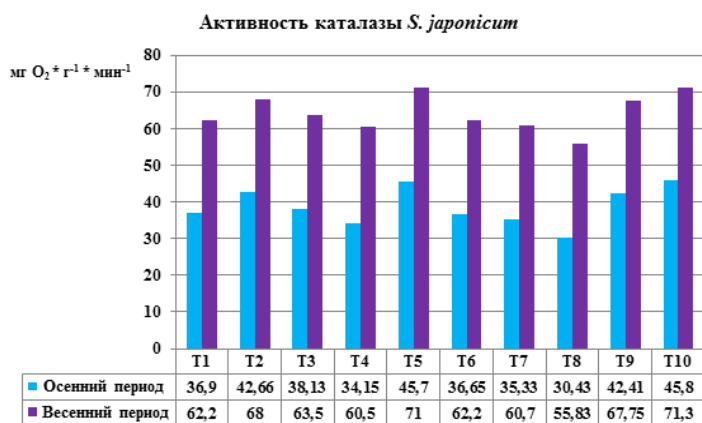


Рис. 7. Динамика ферментной активности каталазы *S. japonicum* 2017-2018 гг.

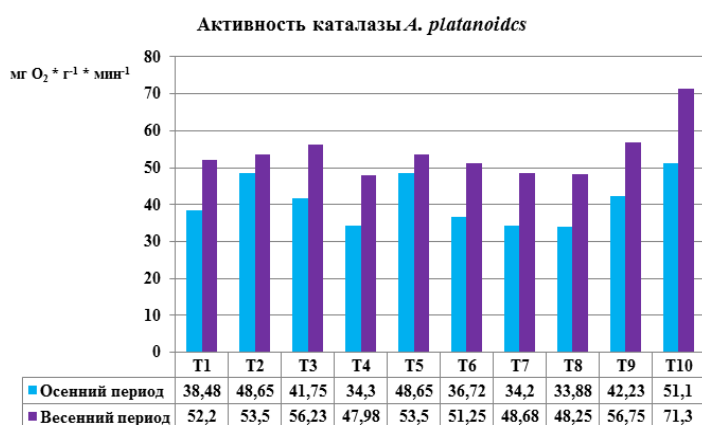


Рис. 8. Динамика ферментной активности каталазы *A. platanoides* 2017-2018 гг.

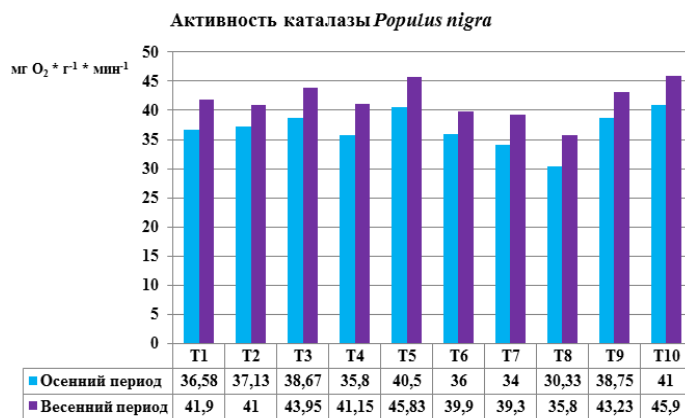


Рис. 9. Динамика ферментной активности каталазы *Populus nigra* 2017-2018 гг.

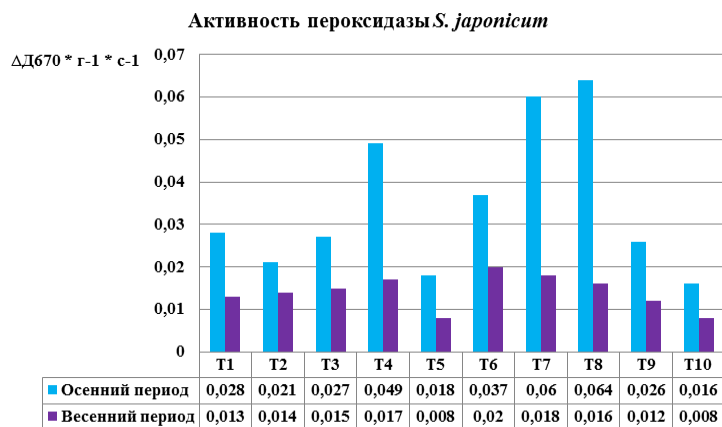


Рис. 10. Динамика ферментной активности пероксидазы *S. japonicum* 2017-2018 гг.

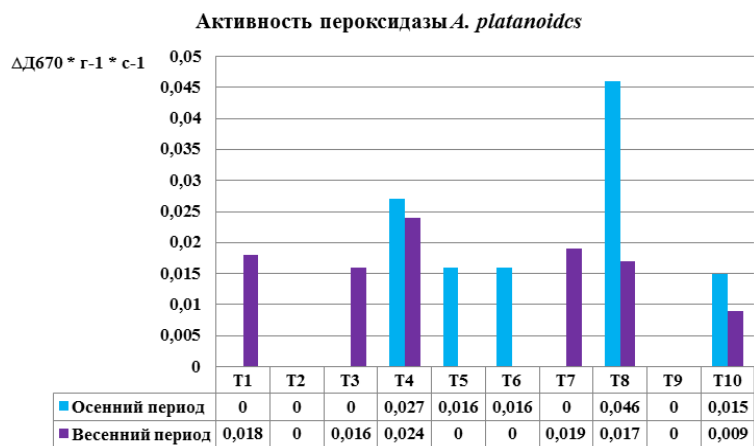


Рис. 11. Динамика ферментной активности пероксидазы *A. platanoides* 2017-2018 гг.

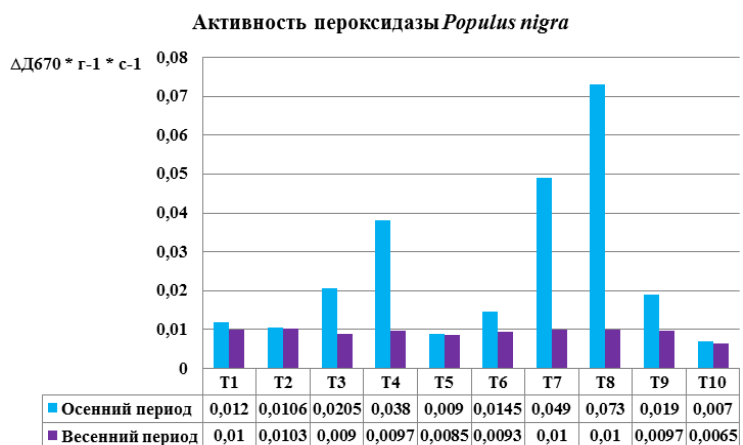


Рис. 12. Динамика ферментной активности каталазы *Populus nigra* 2017-2018 гг.

При исследованиях содержания пыли на листовой поверхности дендроформ были получены незначительные результаты, что можно объяснить хорошей циркуляцией воздушных масс.

Таким образом, при проведении анализа качества атмосферного воздуха с помощью инструментального метода и метода дендроиндикации, можно сделать следующие выводы: условно загрязненной точкой является Т8 (СевГорРынХоз 5-ый км), условно чистой Т5 (ул. Степаняна), все исследуемые параметры показали превышение нормативных показателей, что говорит о невыполнении шумо-газо-пылезащитных функций озеленения в исследуемых районах и требует дополнительных исследований.

Сравнивая полученные результаты со статистическими данными [1], можно сделать вывод о недостаточной достоверности проведения мониторинговых исследований. Кроме того, все исследуемые параметры показали превышение нормативных показателей, что говорит о возможном невыполнении шумо-газо-пылезащитных функций исследуемых районов озеленения.

В качестве природоохранных мероприятий следует увеличить зону озеленения за счет многоуровневой посадки, с использованием кустарниковых пород и газустойчивых дендроформ, таких как - софора японская (*Styphnolobium japonicum (L.) Schott*), робиния ложноакациевая (*Robinia pseudoacacia L.*), гледичия трёхколючковая (*Gleditsia triacanthos L.*). Усилить контроль за передвижными источниками. Увеличить количество мониторинговых замеров и количество исследуемых параметров.

Список литературы:

1. Ежегодный доклад о состоянии и об охране окружающей среды города федерального значения Севастополя за 2017 год [Электронный ресурс]. - URL:

http://ecosev.ru/images/gosdoklad/converted_file_eb8f7bea.pdf

Ежегодный доклад о состоянии и об охране окружающей среды города федерального значения Севастополя за 2017 год, утвержден приказом Севприроднадзора от 15.06.2018 № ПР/298

2. Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».

**ANALYSIS OF THE CONDITION OF ATMOSPHERIC AIR
OF THE MAIN HIGHWAYS IN SEVASTOPOL**

**М.А. Kosovskaya¹, N.V. Lyamina², S.S. Alexanrova³, A.A. Shinkorenko⁴,
E.Y. Yakimenko⁵**

*Sevastopol State University, Institute of Nuclear Energy and Industry,
Sevastopol, 299015, Russia*

*e-mail: ¹sevtania@rambler.ru, ²burmistrovan@mail.ru, ³svetka.lisova969@yandex.ru,
⁴shinkorenkoanna97@mail.ru, ⁵ekaterina.yakimenko40@gmail.ru*

Abstract

The object of the study was selected three central highways of the city of Sevastopol with varying degrees of anthropogenic load. In the course of the research, the state of the atmospheric air was analyzed by the level of acoustic pollution and the main exhalates by the method of instrumental measurements. The results of instrumental studies were confirmed by the deindroform bioindication methods. Three types of trees with varying degrees of gas resistance were chosen as the material for research.

КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ПРИРОДНОГО ПАРКА РЕГИОНАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ «МАКСИМОВА ДАЧА»

М.А. Косовская¹, Н.В. Лямина², Н.Н. Ленивенко³, Ю.П. Савранский⁴
*ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», Институт ядерной энергии и промышленности, г. Севастополь, 299015, Россия,
e-mail: ¹sevtania@rambler.ru, ²burmistrovan@mail.ru, ³ninamypost@yandex.ru,
⁴yuriysavranskiy@gmail.com*

Объектом исследования выбран природный парк регионального значения «Максимова дача». В процессе исследования был проведен мониторинг состояния атмосферного воздуха на территории парка. Выявлены превышения нормативных показателей по исследуемым эксгалатам: CO, NO₂, NO, SO₂, взвешенным веществам. Был проведен анализ факторов, влияющих на состояние природного комплекса в целом и атмосферного воздуха в частности.

Приоритетным аспектом в природоохранной составляющей окружающей среды является контроль состояния окружающей среды [1].

Состояние экологических систем городских особо охраняемых природных территорий – это чувствительный индикатор степени экологического благополучия территории города, так как такие объекты в условиях города испытывают не только огромное многофакторное антропогенное воздействие, но и аккумулируют основные загрязняющие вещества. По состоянию окружающей среды на данном объекте можно судить о состоянии окружающей среды в г. Севастополе в целом [2].

Региональный ландшафтный парк местного значения «Максимова дача» расположен в г. Севастополь (Ленинский район). Объект организован в соответствии с решением Севастопольского городского совета от 18.06. 2013 г. № 5678 «О создании Регионального ландшафтного парка местного значения «Максимова дача». Постановлением Правительства Севастополя от 25.05. 2015г. № 417 ПП «Об утверждении перечня особо охраняемых природных территорий регионального значения, расположенных в городе Севастополе» региональный ландшафтный парк местного значения «Максимова дача» был преобразован в природный парк регионального значения «Максимова дача». Постановлением Правительства Севастополя № 407-ПП от 29.04. 2016 г. «Об утверждении Положения о природном парке регионального значения «Максимова дача» был утвержден регламент и условия пользования этим объектом.

Целью создания природного парка регионального значения «Максимова дача» явилось сохранение историко-культурных объектов Максимой дачи, поддержание и восстановление общего экологического баланса территории, ландшафтного и биологического разнообразия, генофонда животного и растительного мира.

Данный природный парк «Максимова дача» является уникальным для города Севастополя объектом природоохранного и историко-культурного значения ввиду наличия сохранившихся остатков усадебного комплекса с ландшафтным парком. Ландшафтный парк был создан по проекту архитектора и художника В.А. Фельдмана. В границах «Максимовой дачи» и на рядом расположенных к ней территориях находятся объекты культурного наследия разных исторических периодов, а также воинские захоронения. В Крымскую войну, в период первой обороны Севастополя (1854-1855 гг.) в районе Хомутовой балки находились рвы и площадки британских палаток, и барачков [3].

Целью настоящей работы является проведение экологического обследования особо охраняемой природной территории г. Севастополя – природного парка регио-

нального значения «Максимова дача» с учетом состояния всех его сред. В части касемо атмосферного воздуха в соответствии с целью была поставлена задача проведения мониторинга состояния атмосферного воздуха по основным эксгалатам.

Районом исследования был выбран природный парк регионального значения «Максимова дача», расположенный в Ленинском районе города Севастополя, в балка Хомутовой в зоне зеленых насаждений общего пользования и частично в проектной зоне малоэтажной жилой застройки в соответствии с Генеральным планом развития города Севастополя до 2025 года. Исходя из специфики расположения природного парка «Максимова дача» основным источником воздействия на атмосферный воздух и биоту является автотранспорт.

Рельеф парка «Максимова дача» сложен и разнообразен. Исследуемый объект расположен в балке и представляет собой неровную местность с большими перепадами высот. Колебание высот составляет 72.0 м, с 88.3 м, до 160.3 м, изменение высоты увеличивается с юга-востока на северо-запад, уклон поверхности не более 20°. Что обуславливает высокий потенциал рассеивания эксгалатов, попадающих на данную территорию.

Климат исследуемой территории – субтропический, среднемесячная температура воздуха в течение всего года является положительной. Самый холодный месяц – январь (средняя температура +4.7°C), самый тёплый – июль (+38.2°C). Атмосферные осадки в течение года выпадают довольно равномерно: от 204 до 222 мм/гг. Наиболее сухой месяц в году – май. Район исследования достаточно изучен в гидрометеорологическом отношении. Климатическая характеристика района составлена по данным наблюдений на ближайших действующих метеорологических станциях – Севастополь и Херсонесский маяк.

Предметом исследований в данной работе является состояние атмосферного воздуха природного парка регионального значения «Максимова дача».

Исследования проводились с сентября 2018 г. по настоящее время. Отбор проб атмосферного воздуха проводился еженедельно в одно и тоже время (с 10:40 до 14:15) (рис.1-3).



Рис.1-3. Отбор проб атмосферного воздуха на территории природного парка регионального значения «Максимова дача»

На объекте исследования были выбраны 12 точек в разных функциональных зонах парка (рис. 4) с разной степенью реакционной нагрузкой. Отбор проб атмосферного воздуха проводился с помощью газоанализаторов серии «ЭЛАН» по основным эксгалатам, а также аспиратором ПУ-4Э по взвешенным веществам.

Газоанализаторы, с помощью которых проводился экологический мониторинг атмосферного воздуха: ЭЛАН-CO-50 (№10.СП100228.18); ЭЛАН-NO (№ 05.1831.18); ЭЛАН-NO₂ (№ 05.1830.18); ЭЛАН-SO₂ (№ 05.1832.18) и аспиратор ПУ-4Э исп.1 (RU.C.29.010.A № 51482). Данное оборудование предназначено для измерения массовой концентрации одного из исследуемых нами компонентов: CO, NO, NO₂, SO₂, а также взвешенных веществ согласно принятым руководствам и методикам [4-6]. Был определен маршрут исследования, протяженность которого

составила 3500 м. В ходе исследования также были определены координаты каждой из исследуемых точек.

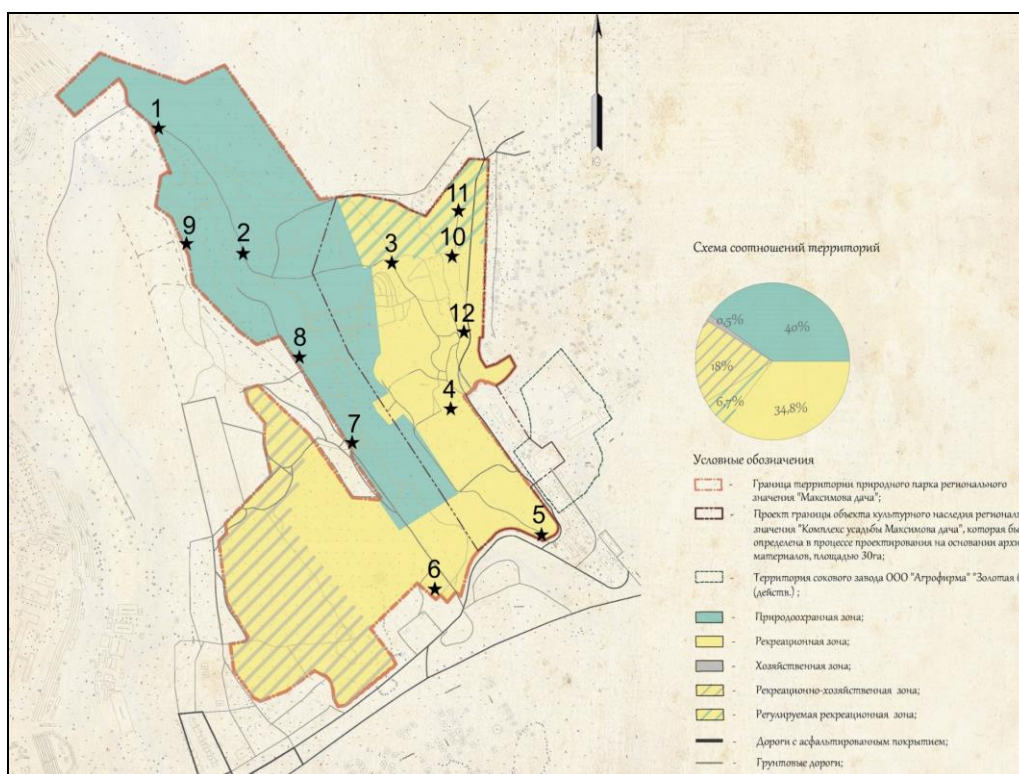


Рис.4. Места отбора проб атмосферного воздуха на территории природного парка «Максимова дача»

Результаты проведенных исследований по оксиду углерода (CO) за весь исследуемый период представлен на рисунке 5.

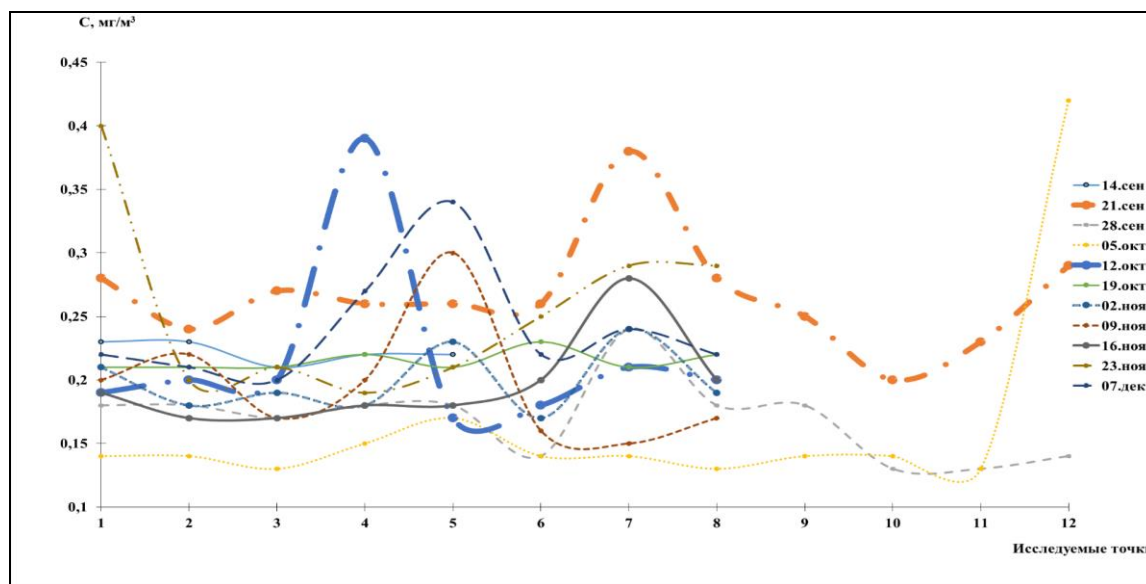


Рис.5. Концентрация оксида углерода (CO) в исследуемых точках в зависимости от даты измерения

Превышений показателя ПДК^{CO}_{м.р.} (4,0 мг/м³) не выявлено, во всех 12 исследуемых точках, атмосферный воздух по данному показателю соответствует санитарно-гигиеническим требованиям.

Результаты проведенных исследований по диоксиду азота (NO₂) представлены на рисунке 6.

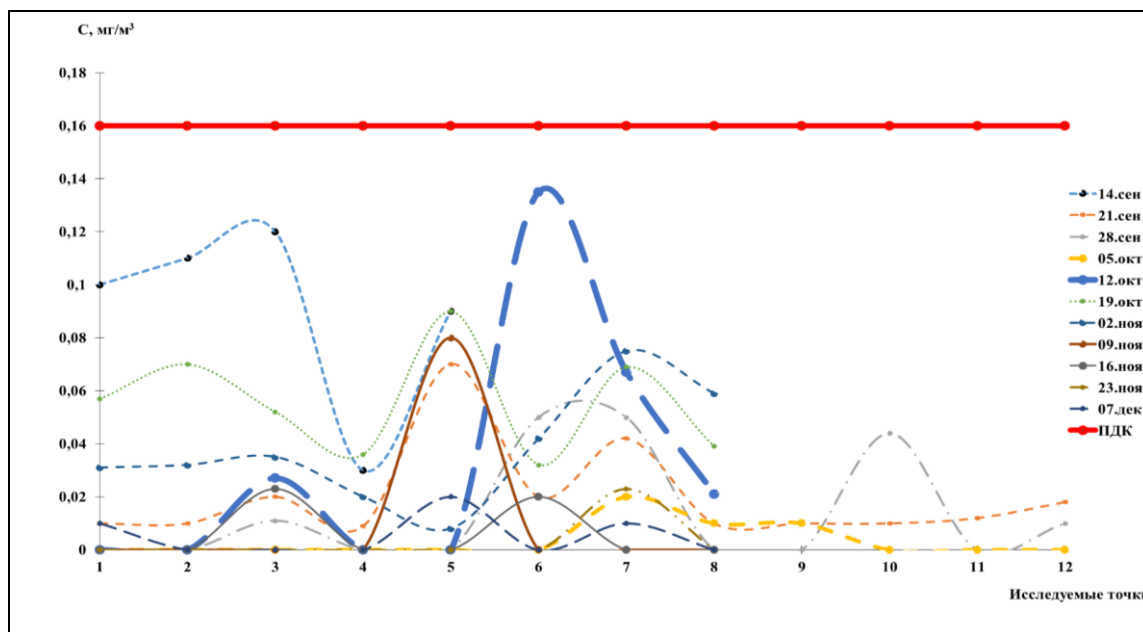


Рис.6. Концентрация диоксида азота (NO₂) в исследуемых точках в зависимости от даты измерения

Превышения показателя ПДК^{NO₂}_{м.р.} (0.16 мг/м³) не выявлены, во всех 12 исследуемых точках, атмосферный воздух по данному показателю соответствует санитарно-гигиеническим требованиям.

В результате проведенных исследований были получены данные по оксиду азота (NO) представленные на рисунке 7.

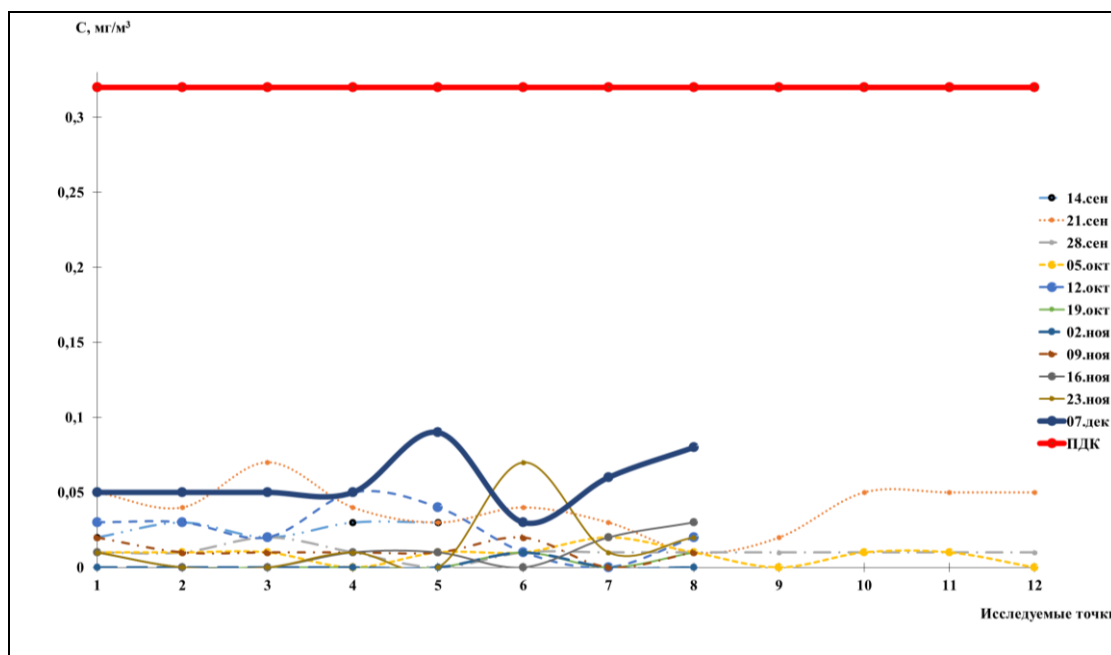


Рис.7. Концентрация оксида азота (NO) в исследуемых точках в зависимости от даты измерения

Превышения показателя ПДК^{NO}_{м.р.} (0.32 мг/м³) не выявлены, во всех 12 исследуемых точках, атмосферный воздух по данному показателю соответствует санитарно-гигиеническим требованиям.

Так же были получены данные по диоксиду серы (SO₂). В результате проведенных исследований превышений нормативного показателя по данному веществу не выявлено.

В результате проведенных исследований были получены данные по взвешенным веществам, представленные на рисунке 8.

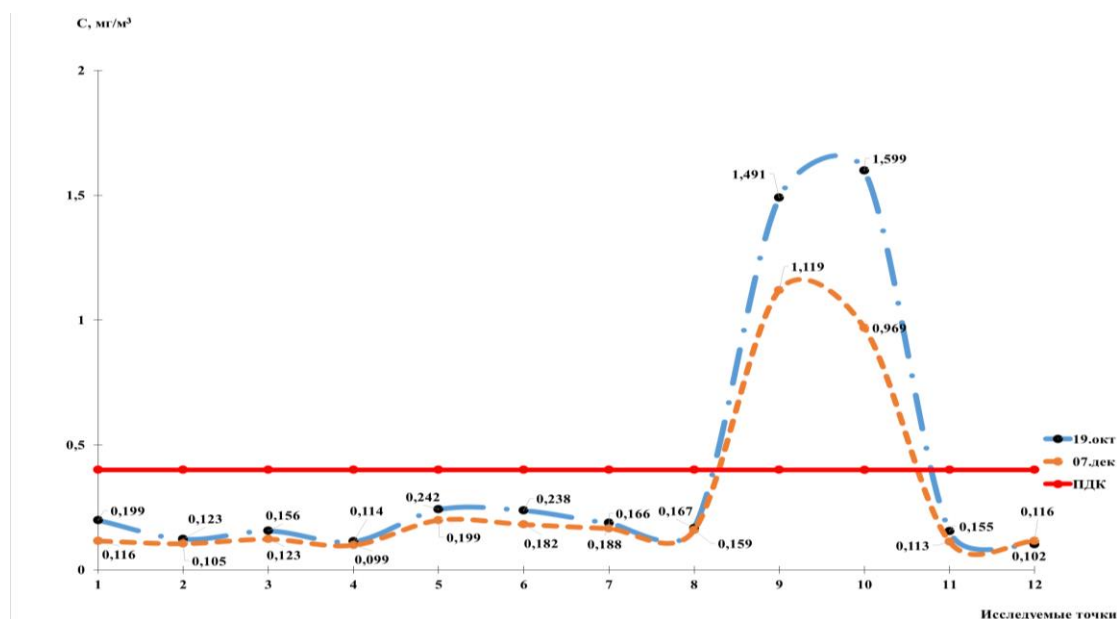


Рис.8. Концентрация взвешенных веществ в исследуемых точках в зависимости от даты измерения

19 октября и 7 декабря по результатам замеров наблюдалось превышение показателя ПДК_{взвешенных веществ} ($0,4 \text{ мг/м}^3$) в точках №9 (N44.56355; E33.53918) и №10 (N44.56343; E33.54739) в 2.42-3.99 раза, атмосферный воздух по данному показателю не соответствует санитарно-гигиеническим требованиям.

После оценки суммарного уровня загрязнения с учетом эффекта суммации выявлено, что 16 ноября в точке №3 (N44.334759; E33.324394) наблюдалось превышение нормативных показателей в 1.48 раз. В остальные дни превышение не выявлено. Расчет проводился с учетом фоновых концентраций, розы ветров и рельефа местности.

Выводы:

1. В ходе проведенных инвентаризаций источников загрязнения атмосферного воздуха было выявлено, что основным источником воздействия является автотранспорт.

2. За время исследования не выявлены превышения показателей по CO, NO₂, NO, SO₂ во всех 12 исследуемых точках. Атмосферный воздух по данным показателям соответствует санитарно-гигиеническим требованиям.

19 октября и 7 декабря по результатам замеров наблюдалось превышение показателя ПДК_{взвешенных веществ} ($0,4 \text{ мг/м}^3$) в точках №9 (N44,56355; E33,53918) и №10 (N44,56343; E33,54739) в 2,42-3,99 раза, атмосферный воздух по данному показателю не соответствует санитарно-гигиеническим требованиям.

После оценки суммарного уровня загрязнения с учетом эффекта суммации выявлено, что 16 ноября в точке №3 (N44,334759; E33,324394) наблюдалось превышение нормативных показателей в 1.48 раз. В остальные дни превышение не выявлено.

Список литературы:

1. Основы природопользования и энергоресурсосбережения [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.В. Денисов [и др.]; Под ред. В.В. Денисова. — Электрон. дан. – Санкт-Петербург: Лань, 2019. – 408 с.– Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/113632>. – Загл. с экрана.
2. Кузнецов, В.А. Многокритериальная оценка состояния лесных экосистем городских ООПТ по результатам комплексного экологического мониторинга на основе метода функций желательности. [Электронный ресурс] / В.А. Кузнецов, О.В. Беднова, Ю.Ю. Андрюшин. – Электрон. дан. // Успехи в химии и химической

технологии. – 2014. – № 4(153) том 28. – С. 51-54. – Режим доступа:

<http://e.lanbook.com/journal/issue/295975> – Загл. с экрана.

3. Постановление Правительства города Севастополя от 29 апреля 2016 г. №407-ПП "Об утверждении положения о природном парке регионального значения «Максимова дача»"
4. РД 52.04.186-89 «Руководство по контролю загрязнения атмосферы».
5. СанПиН 2.1.6.1032-01 «Гигиенические требования к обеспечению качества атмосферного воздуха населенных мест».
6. ГН 2.1.6.3492-17 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений».

**ASSESSMENT OF THE STATE OF ATMOSPHERIC AIR IN A NATURAL
PARK OF REGIONAL SIGNIFICANCE «MAXIMOV DACHA»**

M.A. Kosovskaya¹, N.V. Lyamina², N.N. Lenivenko³, Y.P. Savranskiy⁴

*Sevastopol State University, Institute of Nuclear Energy and Industry,
Sevastopol, 299015, Russia*

*e-mail: ¹sevtania@rambler.ru, ²burmistrovan@mail.ru, ³ninamypost@yandex.ru,
⁴yuriysavranskiy@gmail.com*

Abstract

In the course of the study, monitoring of the state of the atmospheric air of the natural park of regional significance “Maximova dacha” was conducted. Exceeded MPC values for test pollutants: CO, NO₂, NO, SO₂, suspended solids. An analysis was made of factors affecting the state of the natural complex as a whole and the atmospheric air in particular.

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВЫ ПРИРОДНОГО ПАРКА РЕГИОНАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ «МАКСИМОВА ДАЧА»

М.А. Косовская¹, Н.В. Лямина², Т.К. Хренова³, В.Н. Раджабов⁴

ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», Институт ядерной энергии и промышленности, Севастополь, 299015, Россия

e-mail: ¹sevtania@rambler.ru, ²burmistrovan@mail.ru, ³hugo1349@mail.ru,

⁴vovan.01081996@mail.ru

Для сохранения природной среды в целом и для оптимизации ее использования необходимо сбалансированное сочетание заповедных территорий и объектов особой охраны с территориями интенсивного использования человеком, так называемых урбаносред [1].

С помощью ООПТ можно решить огромное количество как природоохранных проблем по сохранению биоразнообразия животных и растительных организмов, так и вопросов сохранения экологического равновесия в регионе в целом [2].

Природный парк регионального значения «Максимова дача» расположен на юго-западе Крыма, в центре Гераклеийского полуострова, в Хомутовой балке, в административных границах Ленинского муниципального округа г. Севастополя, в зоне зеленых насаждений общего пользования и частично в проектной зоне малоэтажной жилой застройки [3].

Объект организован в соответствии с решением Севастопольского городского совета. В 2015 году региональный ландшафтный парк местного значения «Максимова дача» был преобразован в природный парк регионального значения «Максимова дача» (ООПТ), с целью сохранения и восстановления общего экологического баланса территории, ландшафтного и биологического разнообразия, а также охраны объектов культурного наследия города Севастополя [3].

Целью исследования: анализ экологического состояния почвенного покрова особо охраняемой природной территории – природного парка регионального значения «Максимова дача»

В соответствии с намеченной целью были поставлены следующие задачи:

- 1) Провести анализ эколого-морфологических критериев.
- 2) Определить типы почв согласно морфологическому описанию почвенных разрезов в границах участка.
- 3) Провести анализ физических свойств почвы по гранулометрическому (механическому) составу и пористости.
- 4) Провести анализ физико-химических показателей.
- 5) Провести анализ активность ферментов каталазы и уреазы.

Объектом исследования была выбрана особо охраняемая природная территория, находящаяся в городской черте Севастополя - парк регионального значения «Максимова дача». Региональный ландшафтный парк местного значения «Максимова дача» расположен в г. Севастополь (Ленинский район). Парк – бывшее имение Алексея Андреевича Максимова (1853–1908). Комплекс усадьбы Максимова является памятником архитектуры и градостроительства ввиду наличия сохранившихся остатков усадебного комплекса с ландшафтным парком, созданным Максимовым. В июне 2013 году решением Севастопольского городского совета был создан региональный ландшафтный парк местного значения «Максимова дача». Объект организован в соответствии с решением Севастопольского городского совета от 18.06. 2013 г. № 5678 «О создании Регионального ландшафтного парка местного значения «Максимова дача». Постановлением Правительства Севастополя от 25.05. 2015 г. № 417 ПП «Об

утверждении перечня особо охраняемых природных территорий регионального значения, расположенных в городе Севастополе» региональный ландшафтный парк местного значения «Максимова дача» был преобразован в природный парк регионального значения «Максимова дача». Постановлением Правительства Севастополя № 407-ПП от 29.04. 2016 г. «Об утверждении Положения о природном парке регионального значения «Максимова дача» был утвержден регламент и условия пользования этим объектом.

Целью создания природного парка регионального значения «Максимова дача» явилось сохранение историко-культурных объектов Максимой дачи, поддержание и восстановление общего экологического баланса территории, ландшафтного и биологического разнообразия, генофонда животного и растительного мира. Для поддержания выполнения данной цели на территории ООПТ необходимо проведение контроля состояния всех компонентов комплекса.

В качестве исследуемого компонента был выбран почвенный покров района исследования, так как его состояние напрямую влияет на биоту. Кроме того, почва выполняет поглотительную функцию, тем самым очищая воздух от загрязняющих веществ.

Исследования проводятся с сентября 2018 по настоящее время. В процессе были выбраны 11 точек для проведения отбора проб почвы в соответствии с ГОСТом Р 53123-2008. [4].

Точки отбора проб были выбраны по всей территории парка с учетом разной степени антропогенной нагруженности и в различных функциональных зонах парка. Для построения почвенного профиля были определены координаты: точка №1 (N44,335860; E33,321719); точка №2 (N44,334795; E33,322724); точка №3 (N44,334759; E33,324394); точка №4 (N44,333427; E33,325046); точка №5 (N44,332494; E33,330169); точка №6 (N44,55555; E33,54691); точка №7 (N44,55913; E33,54435); точка №8 (N44,56097; E33,54121); точка №9 (N44,56355; E33,53918); точка №10 (N44,56343; E33,54739); точка №11 (N44,56449; E33,54788).

Для проведения качественной оценки состояния почвенного покрова объекта исследования проводились как камеральные, так и полевые исследования.

В ходе полевых исследований согласно морфологическому описанию почвенных разрезов в границах участка были выявлены следующие типы почв [5]: карболитозём светлогумусовый; карбо-петрозём гумусовый; серогумусовая мелко-среднекомковатая суглинистая; реплантозём серогумусовый.

Естественный почвенный покров сохранился на большей части исследуемой территории, преимущественно в местах произрастания древесно-кустарниковой растительности. На рассматриваемой территории присутствуют также участки с нарушенным почвенным покровом. Воздействие на почвенный покров происходит в результате механического воздействия (вытаптывание, запечатывание). На большей части территории присутствуют обнажения известняка.

Механический состав почвы — это относительное содержание в почве или почвообразующей породе фракций механических элементов, которые отличаются размерами и относительной плотностью. Данный метод основан на законе Стокса, определяющем зависимость скорости падения частиц от квадрата их радиуса. [6]. Результаты полученных данных по соотношению почвенных частиц в исследуемых образцах почвы, представлены на рис. 1.

Результаты исследования механического состава почвы показали, что все отобранные пробы исследуемого района можно отнести к средним и легким суглинкам, что обуславливает биологическую продуктивность почвенного покрова.

Результаты исследования пыли показали высокое содержание в точке 5, что иллюстрируется относительно высокой антропогенной нагруженностью, близостью к дороге и парковке.

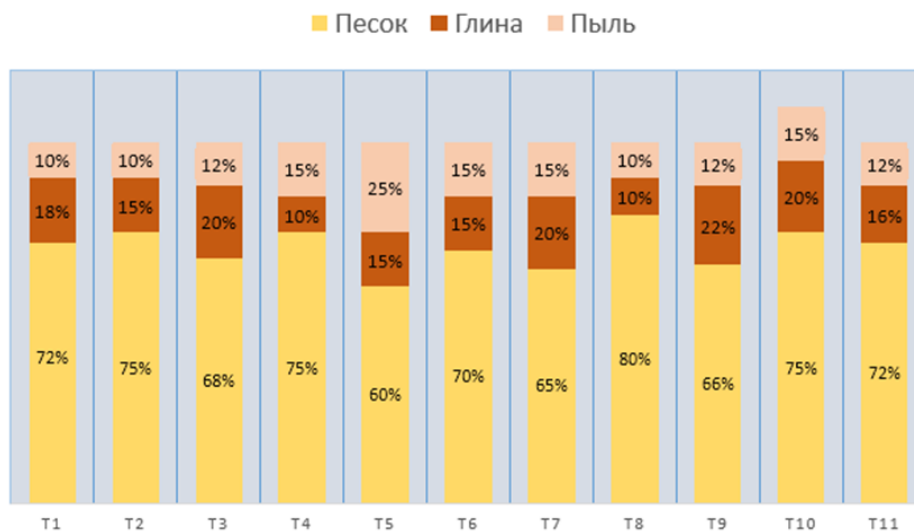


Рис. 1. Соотношение почвенных частиц в исследуемых почвах

Пористость – одно из важнейших свойств почвы, обуславливающее в основном водный и воздушный режим. От величины пор зависит передвижение воды в почве, водопроницаемость и водоподъемная способность, мобильность воды. Полученные результаты представлены на рис. 2.

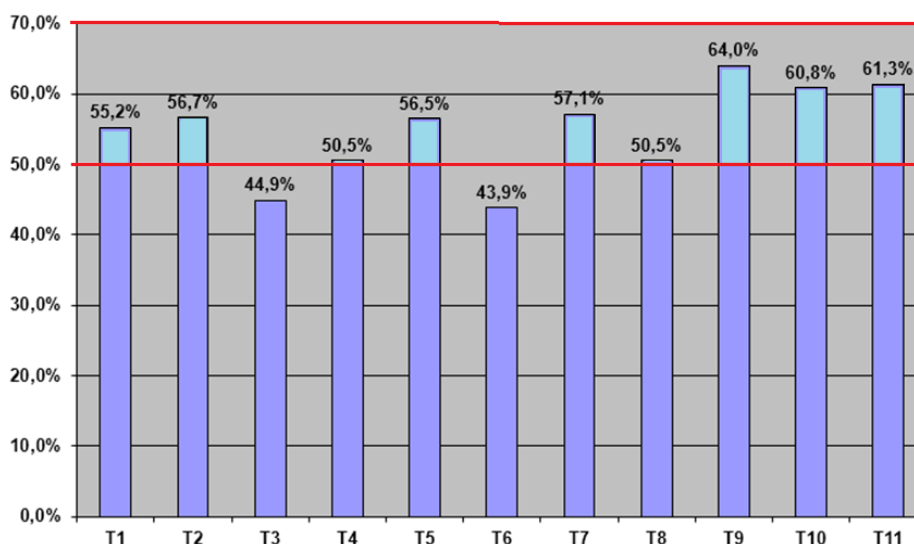


Рис. 2. Пористость исследуемых образцов почвы

Исследования пористости почвы показали, что все исследуемые пробы можно отнести к средне уплотненным, за исключением проб, взятых в точках Т3 и Т6, которые являются более уплотненными. Данные точки отображают высокую антропогенную нагрузку за счет отдыхающих.

Одним из почвенных показателей, влияющих на биопродуктивность является рН почвы. Определение рН солевой вытяжки является первоначальным приемом исследования почв, основанным на вытеснении обменного водорода 1н раствором КСl. Результаты проведенных исследований по показателям рН солевой вытяжки в исследуемых образцах почвы представлены на рис. 3.

По результатам анализа все почвенные пробы в исследуемых точках являются средне щелочными, что является благоприятным фактором для развития растительного покрова исследуемого объекта.

Результаты исследования содержания аммония показали значительное превышение нормативного показателя только в Т11. По всем остальным точкам значительного превышения не выявлено (Рис. 4).

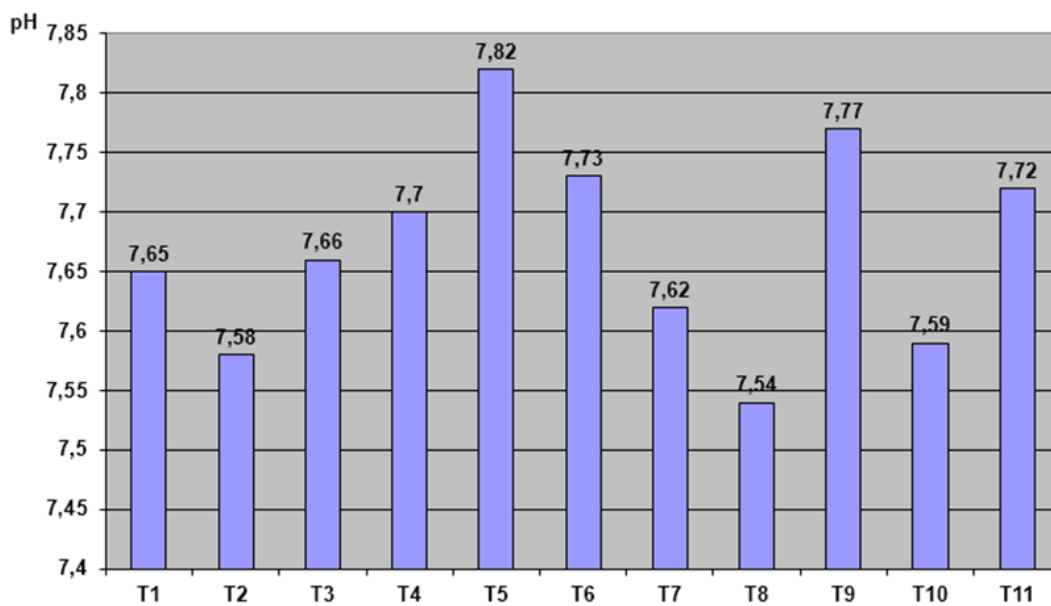


Рис. 3. Показатели рН солевой вытяжки в исследуемых почвах

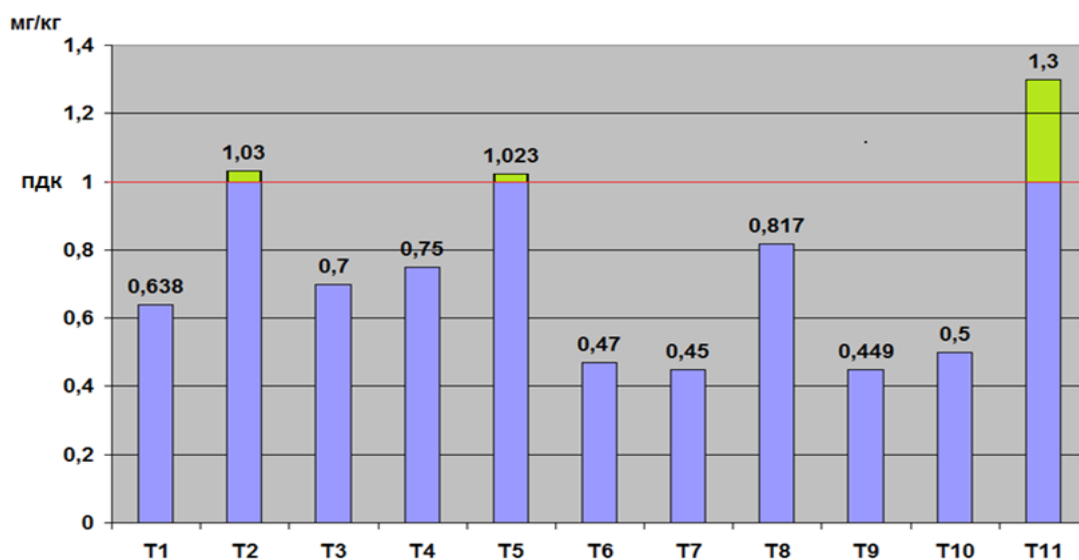


Рис. 4. Содержание аммония в исследуемых образцах

В процессе формирования и развития почвы важная роль принадлежит биологической активности. Все процессы, протекающие в почве, осуществляются с помощью биокатализаторов – ферментов. Почва является самым богатым компонентом экосистемы по ферментному разнообразию. В почвенных биохимических процессах наибольшее значение имеют оксид оредуктазы и гидролазы. Из оксид оредуктаз в почве наиболее распространены каталазы, которые участвуют в окислительно-восстановительных процессах синтеза гумусовых компонентов. Из гидролаз наиболее широко распространена уреазы, которая участвует в реакциях гидролитического распада мочевины [7].

Результаты анализа активности фермента каталазы в исследуемых образцах почвы представлены на рисунке 5.

По содержанию фермента каталазы в почве парка регионального значения «Максимова дача» можно отметить, что наибольшая разница между показателями активности каталазы в живом образце и стерильной пробе встречается в T10, и составляет 16 млO₂/г*м. Точкой с наименьшим значением является T8, - 8 млO₂/г*м. По результатам оценки экологического состояния каталазной активности, почвы территории ООПТ могут быть отнесены к «богатым» [8].

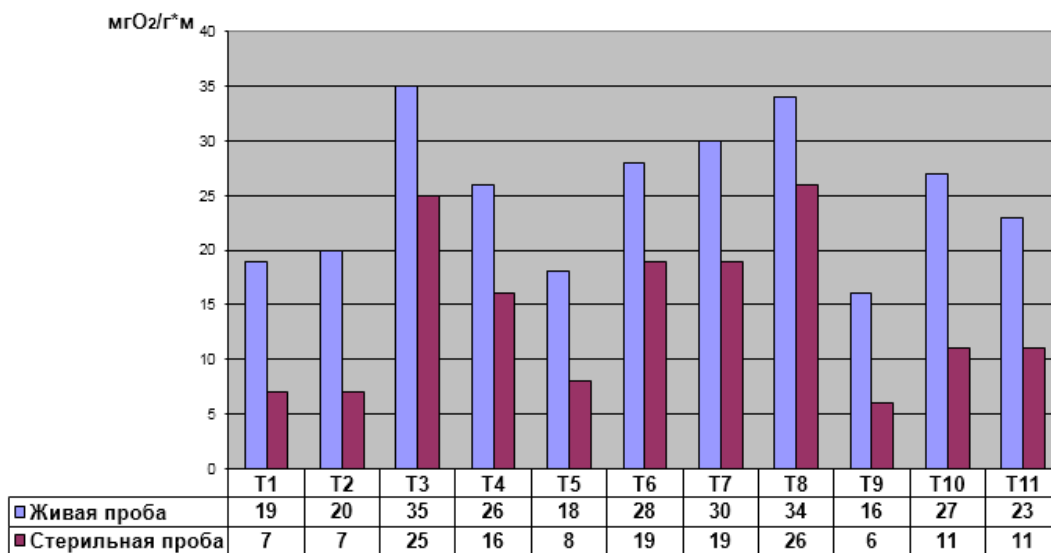


Рис. 5. Показатели активности каталазы в исследуемых образцах

В результате проведенных исследований были получены данные по активности фермента уреазы в исследуемых образцах почвы (Рис. 6).

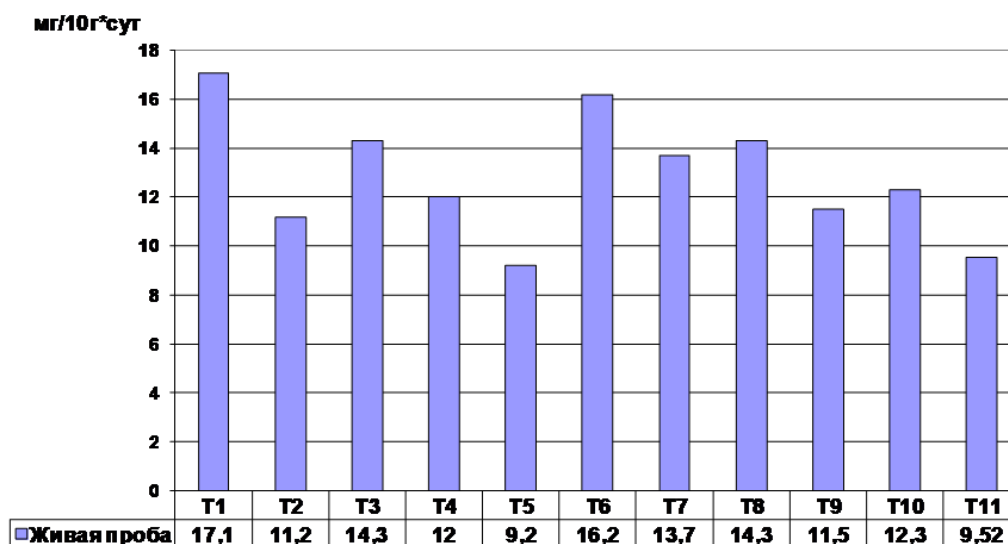


Рис. 6. Показатели активности уреазы в исследуемых образцах

Результаты исследования экологического состояния почвы территории ООПТ «Максимова дача» показали, что активность фермента уреазы низкая и колеблется от -17.1 мг/10г*сут., в T1, до 9.2 мг/10г*сут., в T5. Показатели уреазной активности в почве, можно отнести к средне-обогатненным, за исключением почв, отобранных в T5 и T11, которые являются «бедными» [8].

Выводы. Естественный почвенный покров сохранился на большей части исследуемой территории преимущественно в местах произрастания древесно-кустарниковой растительности, но также были обнаружены участки с нарушенным почвенным покровом, вызванное механическим воздействием, преобладает уплотненность в результате вытаптывания. Почвы исследуемого природного парка регионального значения «Максимова дача» подразделяются на карбо-литозёмы светлогумусовые, карбо-петрозёмы гумусовые, серогумусовые мелко-средне-комковатые суглинистые, реплантозёмы серогумусовые. По механическому составу и пористости почвы можно отнести к благоприятным для произрастания растений и жизнедеятельности микроорганизмов из полученных данных видно, что почвы относятся к лёгким и средним суглинкам, по структурным показателям почва является в боль-

шинстве средне-уплотненной, но также заметны изменения показателей в зависимости от интенсивности антропогенного воздействия. По физико-химическим показателям почва исследуемого объекта является средне щелочной, так как показатели рН_{KCl} находятся в пределах от 7.5 до 8.1, из показателей аммония можно заметить, что все пробы за исключением Т11 находятся в пределах ПДК. Выявлено, что активность фермента каталазы зависит от водно-воздушного режима, который проявляется в плотности почвенного покрова и произрастании травянистого покрова. По результатам оценки экологического состояния каталазной активности почвы территории ООПТ могут быть отнесены к «богатым». Уреазная активность изменялась в зависимости от содержания органического вещества в исследуемых почвах. Показатели уреазной активности в почве, можно отнести к средне-обогащенным, за исключением почв, отобранных в Т5 и Т11, которые являются «бедными».

В целом исследования показали, что почва во всех точках объекта исследования является слабонагруженной, что практически не сказывается на ее биологических функциях. Таким образом, почвы природного парка «Максимова дача» подвержены низким антропогенным нагрузкам, соответственно, слабо загрязнены.

Список литературы:

1. Основы природопользования и энергоресурсосбережения [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.В. Денисов [и др.] ; Под ред. В.В. Денисова. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург Лань, 2019. — 408 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/113632>. — Загл. с экрана.
2. Кузнецов, В.А. Многокритериальная оценка состояния лесных экосистем городских ООПТ по результатам комплексного экологического мониторинга на основе метода функций желательности. [Электронный ресурс] / В.А. Кузнецов, О.В. Беднова, Ю.Ю. Андрюшин. — Электрон. дан. // Успехи в химии и химической технологии. — 2014. — № 4(153) том 28. — С. 51-54. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/journal/issue/295975> — Загл. с экрана.
3. Постановление Правительства города Севастополя от 29 апреля 2016 г. №407-ПП "Об утверждении положения о природном парке регионального значения «Максимова дача» "
4. ГОСТ Р 53123-2008 Качество почвы. Отбор проб.
5. Шишов Л.Л., Тонконогов В.Д., Лебедева И.И. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. -342 с.
6. Лабораторный практикум по курсу «Экология». Е.П. Кремлев [и др.]. Гродно: ГрГУ, 2002. 159 с.
7. Звягинцев Д.Г. Почва и микроорганизмы: Изд-во Моск. ун-та, 1987. - 256 с
8. Звягинцев Д.Г. Биологическая активность почв и шкалы для оценки некоторых ее показателей // Почвоведение, 1978, № 6. – С.48—54.

ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL CONDITION SOILS OF NATURAL PARK OF THE REGIONAL VALUE "MAXIMOVA DACHA"

M.A. Kosovskaya¹, N.V. Lyamina², T.K. Khrenova³, V.N. Radjabov⁴

*Sevastopol State University, Institute of Nuclear Energy and Industry,
Sevastopol, 299015, Russia*

*e-mail:*¹ sevtania@rambler.ru, ² burmistrovan@mail.ru, ³ hugo1349@mail.ru,
⁴ vovan.01081996@mail.ru

Abstract

The object of the study was a natural park of regional importance "Maximov dacha. During the study, monitoring of the soil condition was carried out. On the physical and physico-chemical parameters, as well as enzymatic activity, the state of the soil environment was assessed.

УДК 502.7

ОСОБЕННОСТИ ВЕДЕНИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА В РАЙОНАХ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ, ПОСТРАДАВШИХ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ РАДИОНУКЛИДАМИ ПОСЛЕ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ КАТАСТРОФЫ

Э.В. Косолапова

*Брянское районное управление сельского хозяйства, 241000, г. Брянск, Россия,
e-mail: kosolapovae@mail.ru*

Отображены отличительные особенности сельского хозяйства, в частности, севооборота в районах Брянской области, признанных загрязненными радионуклидами после аварии на Чернобыльской АЭС

Чернобыльская авария по многообразию последствий, по их длительности остается самой масштабной техногенной катастрофой в мире [6]. Фактор радионуклидного загрязнения стал решающим при принятии многих решений, при организации хозяйственной деятельности, в особенности сельского хозяйства в ряде регионов (в Российской Федерации – Тульской и Брянской области [3].

Согласно действующего законодательства в Брянской области на данный момент статус загрязненных радионуклидами имеют Клинецовский, Новозыбковский, Злынковский, Стародубский и Красногорский и Гордеевский районы, которые находятся на юго-западе области [5].

Разработкой мероприятий по снижению поступления радионуклидов в пищевые продукты и очистки территории занималось много выдающихся ученых Украины, России и Беларуси среди которых Пристер Б.С., Гудков И.М., Алексахин Р.М., Лоцилов А.Н., Булавик И.М., Переволоцкий А.Н., Н.М.Белоус, Е.В. Просянкин, Г.П. Малявко, В.Ф.Василенков, А.А.Романенко. Для снижения поступления радионуклидов в продукты питания разработаны разные схемы внесения мелиорантов, агротехнических мероприятий, промывки почв.

Целью данного исследования является оценка особенностей севооборота в загрязненных районах Брянской области. Объектом исследований являются загрязненные районы Брянской области, а предметом чередование сельскохозяйственных культур на полях.

Методами исследований были анализ библиографических данных, статистической информации, сравнения, табличный. Информационными источниками были: литература по экологии, статистические данные (формы 29 СХ, 2 Фермер, ГП 16, 7 АПК)

Особенности климатических характеристик (умеренный климат со средней температурой зимы - -5°C , весны - $+5^{\circ}\text{C}$, лета $+18^{\circ}\text{C}$, осени - $+1^{\circ}\text{C}$, максимальная температурой $+35^{\circ}\text{C}$) и территориального устройства (преобладание сельских населенных пунктов) западных районов Брянской области способствуют значительному развитию сельского хозяйства [3,5].

Традиционными культурами в юго-западных областях Брянщины всегда были зерновые и зернобобовые, лен, картофель, кормовые культуры, которые менялись во времени и на полях согласно правил севооборота. Перечисленные культуры дают высокие урожаи и являются экономически окупаемыми. Валовые сборы зернобобовых культур (гороха, люпина, вики, сои) юго-западных районов в 1980-х годах прошлого столетия составляли практически 40% от валового сбора области. Люпин, сою, вику, люцерну часто вводили в севооборот для насыщения почвы азотом перед высадкой картофеля, посевом пшеницы, а также для профилактики эрозийных процессов на почвах, уничтожения вредителей, сорняков и спор болезней.

Однако загрязнение радионуклидами вынудило внести некоторые изменения. Так, известно, что все мероприятия, сопутствующие повышению урожайности, способствуют также снижению миграции радионуклидов из почвы в растения. Именно поэтому территории с большими площадями пашни очищаются от радионуклидов быстрее [7].

Многолетние травы защищают почвы от ветровой эрозии, но имеют высокий коэффициент перехода радионуклидов из почвы в растения [6]. Так, коэффициент перехода радионуклидов из почвы в растения для вики на дерново-подзолистых почвах может достигать $4,5 \text{ м}^2/\text{кг} \cdot 10^3$, люпина – 2,7, гороха – 0,5, для овощей и картофеля <0,4. Поэтому при существующей поверхностной активности почв (от $185 \text{ кБк}/\text{м}^2$) прогнозируемое загрязнение люпина может составлять 499,5, гороха – 92,5 Бк/кг, что в 1,85 раз превышает допустимый уровень, вики – 832,5 Бк/кг, что в 16,65 раз выше допустимого, а вот картофеля и – 55,5 Бк/кг, что в пределах нормы [6,7].

Поэтому в 90-х годах прошлого столетия зернобобовые и бобовые культуры были изъяты из структуры посевных площадей вообще.

Согласно статистическим данным распределение площадей сельскохозяйственных культур в 2018 году в загрязненных районах Брянской области было следующим (таблицы 1 – 2).

Таблица 1

Основные площади сельскохозяйственных угодий
загрязненных районов Брянской области, га

Район	Пашня	Пастбища	Сенокосы	Зерновые	Зернобобовые	Картофель	Овощи
Гордеевский	13653	1400	1200	6421	1235	0	200
Злынковский	8993	3000	2000	4036	610	0	68
Клинцовский	16638	5000	3500	7282	420	80	0
Красногорский	26447	3000	5000	3463	0	0	7,5
Новозыбковский	44479	3200	3800	12388	2099	0	0
Стародубский	647726	7000	3800	23029	1286	2554	64

Из овощей высаживаются морковь и столовая свекла. Пашня преобладает над пастбищами и сенокосами и это хорошо, поскольку регионы, имеющие большие площади пашни имеют более высокий коэффициент радиоэкологической безопасности [3].

Площади зернобобовых культур невелики. Картофель остался только в Клинцовском и Стародубском районах. Из технических культур 863 га ярового рапса (3,2% площади пашни района) есть в Новозыбковском районе. Для более точной картины по зернобобовым культурам представим в таблице 2 их площади с указанием культуры и процента площади от пашни района:

С таблицы 1.2 видно, что площади зернобобовых культур составляют лишь незначительную часть посевов.

Конечно, стоит отметить, что часто планирование структуры посевных площадей исходит из возможностей хозяйств – наличия сельскохозяйственной техники, мощностей для хранения зерна или овощей, кадров, скота. Имеет также значение и наличие разных видов государственной поддержки. Сельскохозяйственные предприятия стараются засеять площади преимущественно элитными семенами для получения субсидий. Несвязная поддержка в области растениеводства дается за выращивание зерновых, зернобобовых и кормовых культур, в отдельных случаях картофеля. Выдается помощь только на гектары, засеянные районированными семенами. Но также есть ряд субсидий для предприятий, выращивающих лен и многолетние

насаждения. Поскольку пашня очищается от радионуклидов скорее [2], то стоит сохранить ее площади. На засеянной пашне нужно проводить мелиоративные мероприятия. Большой акцент в 2019 году сделан на известкование. Мероприятия по известкованию будут до 30% профинансированы из бюджета области [1,4].

Таблица 2

Доли зернобобовых площадей от общей площади района в загрязненных радионуклидами районах Брянской области

Название района	Горох		Люпин		Вика		Соя	
	га	%	га	%	га	%	га	%
Гордеевский	775	4,4						
Злынковский	90	1	220	2,5	-	-	-	-
Клинцовский	-	-	100	0,6	-	-	-	-
Красногорский	-	-	-	-	-	-	-	-
Новозыбковский	70	0,2			240	0,9		
Стародубский	455	1,0	766	1,7			1720	3,9

Исходя из сказанного можно рекомендовать следующее:

1. Увеличить площади картофеля, который очень урожайный в этих районах и у которого есть шанс быть незагрязненным.
2. Ввести в структуру площадей овощи закрытого грунта. Возможно, с привозным чистым грунтом и выращивать там огурцы, томаты и перцы.
3. Использовать тимофеевку луговую и козлятник как фитомелиоративное средство для очистки почвы от радионуклидов с дальнейшей утилизацией этих трав.
4. Также может быть эффективным введение в севооборот загрязненных районов использование технических культур как рапс, лен. Лен не используется в пищевых целях, но поможет очистить почву от радионуклидов.
5. Увеличить площади многолетних насаждений, которые защищают грунт от эрозии, субсидируются и скорость миграции радионуклидов в плоды незначительна.

Список литературы:

1. Белоус, Н. М. Агрехимическое обеспечение производства растениеводческой продукции на техногенно загрязненных почвах / Н. М. Белоус // 75 лет Географической сети опытов с удобрениями: материалы Всероссийского совещания научных учреждений – участников Географической сети опытов с удобрениями / под ред. акад. РАН В. Г. Сычева. – М.: ВНИИА, 2016. – С. 28-32.
2. Косолапова Э.В. Оценка экологической безопасности территории Брянской области // Экологическая безопасность и охрана окружающей среды в регионах России: теория и практика Материалы II Всероссийской научно-практической конференции. Волгоград. 17-18 ноября, 2016 г. – С. 53-58.
3. Косолапова Э.В. Многообразие последствий Чернобыльской катастрофы// Сборник научных трудов. Материалы IXX-й международной научно-технической конференции «Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения», 2017. С.75 – 83.
4. Косолапова Э.В., Василенков В.Ф. Подходы к ликвидации последствий Чернобыльской катастрофы // Актуальные проблемы радиационной и химической защиты. Проблемы мониторинга химических загрязнений объектов окружающей среды. Сборник трудов XXVIII Международной научно-практической конференции. 2018. С.30 – 36.
5. Природные ресурсы и окружающая среда Брянской области. Годовой доклад об экологической ситуации в Брянской области в 2017 году. Брянск. 2018. 260 с.

6. Пристер Б.С., Лоцилов А.Н., Немец О.Ф., Поярков В.А. Основы сельскохозяйственной радиологии. К.: Урожай, 1991. 471 с.
7. Романенко А.А., Косолапова Э.В. Оценка загрязнения Брянской области радионуклидами//International scientific agricultural journal. 2018. No 2. С.23-27.

**PECULIARITIES OF AGRICULTURE IN THE DISTRICTS
OF THE BRYANSK REGION, CONTAMINATED BY RADIONUCLIDES
AFTER THE DISASTER ON CHERNOBYL POWER STATION**

E.V. Kosolapova

*Bryansk district agricultural department, 241000, Bryansk, Russia,
e-mail: kosolapovae@mail.ru*

Abstract

Distinctive features of agriculture especially crop rotation in districts of Bryansk region recognized as polluted by radionuclides after disaster on the Chernobyl power station.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БЕНТОСА В МЕЛКОВОДНОЙ ЗОНЕ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВИДА ГРУНТОВ

Т.А. Кострыкина, Л.А. Кочнева

Лаборатория гидробиологии Волжско-Каспийского филиала ФГБНУ «ВНИРО» (КаспНИРХ), г. Астрахань, 414056, Россия, e-mail: kostrykina.t@mail.ru

Характеристика зообентоса дается на основании материалов, собранных на акватории мелководной зоны западной части Северного Каспия в летний период 2018 года.

Сбор и обработка зообентоса проводилась по методическим указаниям к изучению бентоса южных морей СССР (ВНИРО 1983). Орудием лова выступал дночерпатель «Океан-50» с площадью захвата 0,1 м². Пробы зообентоса отбирались на фиксированных станциях. Полученный материал зообентоса фиксировался 40% формалином до конечной концентрации в пробе 4%.

Структура биотопов играет важную роль в формировании видового состава донных сообществ. Так, в мелководной зоне западной части Северного Каспия (до 6,0 м), в основном, встречаются заиленные и сильно заиленные грунты с остатками высшей водной растительности, представленные песком, ракушей и мелко-битой ракушей. В летний период 2018 г. донная фауна здесь была представлена 39 видами организмов бентоса, относящихся к 9 классам: Hydrozoa (1), Polychaeta (3), Oligochaeta (1), Hirudinea (2), Nematodes (1), Crustacea (23), Insecta (1), Bivalvia (6) и Gastropoda (1). На рисунке 1 показана видовая структура макрозообентоса в мелководной зоне западной части Северного Каспия в летний период 2018 г.

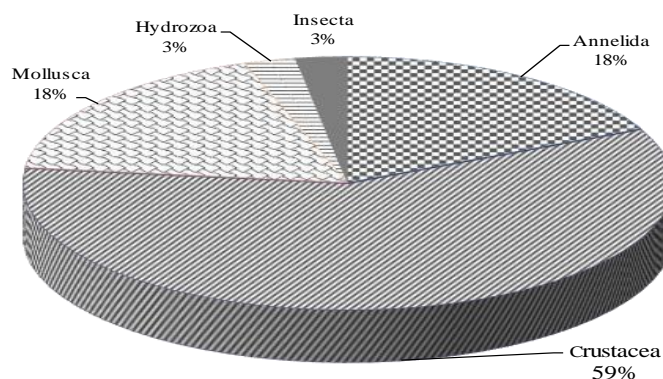


Рис. 1. Видовая структура макрозообентоса в мелководной зоне западной части Северного Каспия в летний период 2018 г.

Выявлено, что в диапазоне 0-3 м количество обнаруженных таксономических единиц не превышало 21, а на глубинах 3-6 м увеличивалось до 37 видов. По количеству видов преобладали ракообразные, субдоминировали - в более мелководной части (0-3 м) черви, с увеличением глубины (3-6 м) возрастала доля двустворчатых моллюсков. На рисунке 2 показана видовая структура зообентоса на глубинах 0-3 м (а) и 3-6 м (б).

Среди обнаруженных беспозвоночных широкое распространение (более 50 %) было характерно для полихет – *Hediste diversicolor* (94%) и *Hypniola kowalewskii* (69%), малощетинковых червей (кл. Oligochaeta – 93%), бокоплавов *Gmelina pusilla* (63%), *Stenogammarus macrurus* (57%), кумовых раков *Pterocuma pectinata* (60%), а также у личинок и куколок двукрылых насекомых сем. Chironomidae (54%). В таб-

лице 1 приведены данные по основным количественным характеристикам бентоса мелководной зоны западной части Северного Каспия (0-6 м) в летний период 2018 г.

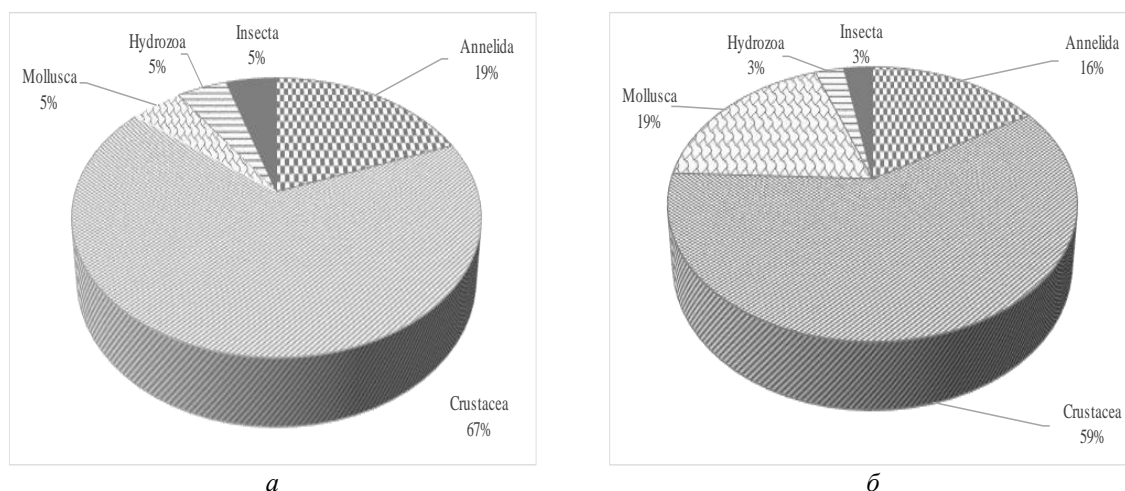


Рис. 2. Видовая структура макрозообентоса в мелководной зоне западной части Северного Каспия в летний период 2018 г. согласно выделенному диапазону глубин: а – 0-3 м; б – 3-6 м.

Таблица 1

Основные количественные характеристики макрозообентоса мелководной зоны западной части Северного Каспия (0-6 м) в летний период 2018 г.

Класс донных беспозвоночных	Численность, экз/м ²	Биомасса, г/м ²	% от численности, %	% от биомассы, %
HYDROZOA	5	0,003	0,16	0,03
POLYCHAETA	1133	4,269	35,64	45,87
OLIGOCHAETA	1126	0,606	35,42	6,51
HIRUDINEA	4	-	0,13	-
NEMATODES	71	0,038	2,23	0,41
CRUSTACEA	564	1,082	17,74	11,63
INSECTA	249	0,472	7,83	5,07
BIVALVIA	25	2,797	0,79	30,05
GASTROPODA	2	0,04	0,06	0,43
ВСЕГО:	3179	9,307	100	100
Кормовая база рыб:	3147	7,276		
Для воблы:	435	1,671		
Для леща:	2285	2,089		
Для осетра:	1576	5,377		
Для севрюги:	1563	5,012		

Рассматривая динамику количественных характеристик бентоса, следует отметить, что показатели численности и биомассы зообентоса, а также распределение кормового бентоса были неодинаковы для выбранных изобат 0-3 и 3-6 м. В таблице 2 приведены данные по основным количественным характеристикам бентоса мелководной зоны западной части Северного Каспия (0-3 м; 3-6 м).

С увеличением глубины возрастала доля более жестких не заиленных, либо слабо-заиленных грунтов, как следствие здесь увеличивалась биомасса жесткого бентоса, за счет более интенсивного развития моллюсков, а также большее развитие получают ракообразные и полихеты (в основном за счет активного роста и развития полихет *H. diversicolor*).

Основные количественные характеристики макрозообентоса мелководной зоны западной части Северного Каспия в летний период 2018 г.

Класс донных беспозвоночных	0-3 м		3-6 м	
	Численность, экз/м ²	Биомасса, г/м ²	Численность, экз/м ²	Биомасса, г/м ²
HYDROZOA	1	-	7	0,003
POLYCHAETA	943	1,737	1190	5,018
OLIGOCHAETA	2039	0,872	855	0,527
HIRUDINEA	3	0,002	4	-
NEMATODES	-	-	93	0,049
CRUSTACEA	224	0,147	661	1,362
INSECTA	230	0,448	254	0,480
BIVALVIA	1	0,068	32	3,607
GASTROPODA	-	-	3	0,052
ВСЕГО:	3441	3,274	3099	11,098
Кормовая база рыб:	3439	3,272	3060	8,463
Для воблы:	179	0,167	510	2,117
Для леща:	3281	2,151	1990	2,070
Для осетра:	598	1,764	1866	6,448
Для севрюги:	596	1,696	1849	5,995

В целом интервале глубин (0-6) структурообразующая роль при формировании численности принадлежала представителям «мягкого» бентоса – малощетинковым и многощетинковым червям (по 36%), а также ракообразным (17%) и хирономидам (8%).

Основу биомассы бентоса (0-6 м) также создавали организмы группы червей, составляя 56% от общей массы, среди которых следует выделить полихет *H. diversicolor* (46%) и олигохет (7%). Субдоминантами являлись двустворчатые моллюски, составившие 32% биомассы. Среди них наибольшими биомассами обладали средиземноморские вселенцы *Abra ovata* и *Cerastoderma lamarcki* (по 11%). Из других групп донных беспозвоночных значимый вклад при формировании показателя биомассы внесли раки (6%), а также личинки насекомых сем. Chironomidae (5%).

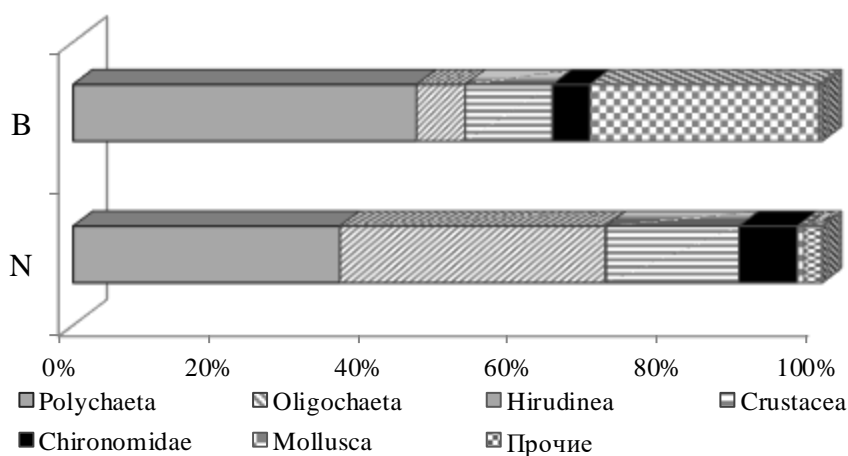


Рис. 3. Соотношение основных групп зообентоса мелководной зоны западной части Северного Каспия в летний период 2018 г. (в % от общей численности (N) и биомассы (B) донных беспозвоночных)

Следует отметить, что с изменением глубин исследований, изменяются не только показатели солености, жесткости грунтов, видового состава, но и принадлежности обнаруженных организмов к определенным экологическим комплексам. На рисунке 4 показано соотношение донных организмов в экологических комплексах в зависимости от ряда глубин.

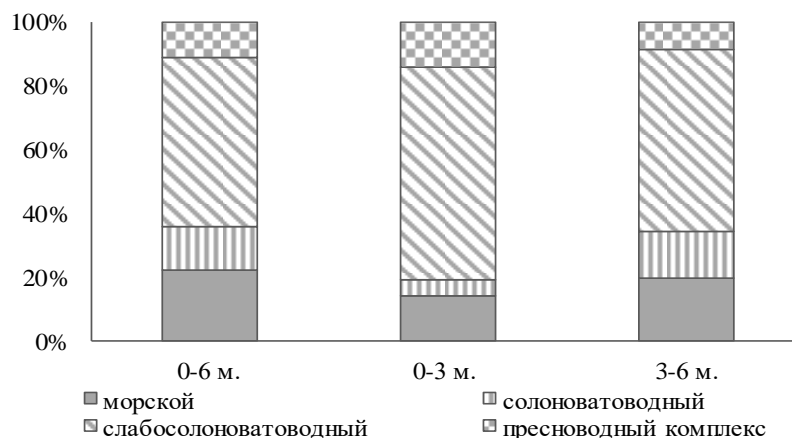


Рис. 4. Соотношение основных групп зообентоса мелководной зоны западной части Северного Каспия в летний период 2018 г. в % от общего числа видов в зависимости от принадлежности к экологическому комплексу

Рассматривая динамику качественных показателей согласно выделенным изобатам (0-3 м и 3,1-6 м), в мелководной прибрежной зоне с глубинами менее 3,0 м и низкой соленостью (до 2‰) преобладают биотопы, представленные илистыми, илисто-песчаными и мелкозернистыми песчаными грунтами с остатками растительности. Поэтому здесь плотность поселения малощетинковых, многощетинковых червей, преимущественно сем. Ampharetidae, а также личинок хирономид, достаточно высока по сравнению с более глубокими участками исследуемой акватории.

Состав доминант по численности отличался от общего интервала глубин (0-6 м), здесь в большей степени развивались олигохеты (59%), полихеты *Hypniodia kowalewskii* (23%), личинки и куколки хирономид (7%). Доминантами по биомассе также были кольчатые черви (80%) и личинки и куколки двукрылых насекомых (14%). Таким образом, характерной чертой для зоны до 3 м в 2018 г. являлось массовое развитие «мягкого» бентоса (96% от общей биомассы), в составе которого преобладали пресноводные и слабосоленатоводные виды.

Для интервала глубин от 3,0 до 6,0 м характерны песчано-илистые, заиленные песчано-ракушечные грунты. Видовое разнообразие зообентоса относительно предыдущего ряда глубин увеличилось на 16 таксономических единиц и составило 37 таксонов. В данном интервале глубин более активно развивались ракообразные, чей видовой состав увеличился на 8 таксонов и моллюски (7 видов). Кроме того, возросли количественные показатели полихет, преимущественно за счет развития *H. diversicolor*, но при этом общие значения численности червей уменьшились в 1,6 раза. Доля «мягкого» бентоса от общей биомассы на данном участке акватории уменьшилась и составила 65%. На глубине 3,0-6,0 м формируются оптимальные условия для некоторых видов моллюсков, входящих в состав «жесткого» бентоса. Из встречающихся здесь двустворчатых моллюсков следует выделить такие виды, как *A. ovata* (5-15 мм) и *C. lamarcki* (<3 и 15-19 мм), доля которых в формировании биомассы в рассматриваемом интервале глубин составляла 12,4 и 12 % соответственно.

Сравнительный анализ видовой структуры зообентоса мелководной зоны западной части Северного Каспия в зависимости от вида грунтов, показал, что с увеличением глубины, расширялись участки с более жесткими грунтами, уменьшался слой

«наилка» и, как следствие, увеличивалось количество видов донных беспозвоночных, а также возростала общая биомасса (за счет интенсивного развития моллюсков, ракообразных и полихет *H.diversicolor*). Средняя величина кормового бентоса при переходе от глубин 0-3 м к интервалу 3-6 м также претерпела изменения в сторону увеличения в 2,6 раза.

Список литературы:

1. Методические указания к изучению бентоса южных морей СССР. – М.: ВНИРО, 1983.

DISTRIBUTION OF BENTHOS IN THE SHALLOW ZONE OF THE WESTERN PART OF THE NORTHERN CASPIAN SEA DEPENDING ON THE KIND OF SOIL

T.A. Kostrykina, L.A. Kochneva

¹Laboratory of Hydrobiology of the Volga-Caspian branch of "VNIRO" (KaspNIRKh), Astrakhan, 414056, Russia, e-mail: kostrykina.t@mail.ru

Abstract

The article presents the main structural characteristics of macrozoobenthos in the shallow zone of the Western part of the Northern Caspian in summer 2018 provides data of the distribution of benthic organisms depending on species inhabited soils.

МОНИТОРИНГ ПРОДУКТИВНОСТИ БОЛОТ

Н.П. Косых

*ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН,
г. Новосибирск, 630090, Россия, e-mail: kosykh@issa-siberia.mail.ru*

Торфяники играют большую роль в глобальном круговороте углерода. Хотя северные торфяников покрывает лишь 2% от общей поверхности земли, они хранят около одной трети углерода мира почвы в форме торфа [1]. Болота З.С. являются торфообразующими системами и служат в качестве важных долгосрочных поглотителей для атмосферного углекислого газа. В торфяниках Западной Сибири хранится 112 ГтС запасов торфа [2], что составляет пятую часть всех запасов северных торфяников, которые запасают около 500 Гт С [3, 4]. Величина накопления и потерь органического вещества болотной экосистемы являются основным признаком ее функционального состояния. Влияние внешних условий (климата, гидрологического режима, антропогенного воздействия) отражается на функционировании болотных экосистем. Из-за особенностей функционирования болот количественные характеристики этих процессов важны, поэтому болота играют буферную роль в углеродном цикле биосферы. Очень мало оценок запасов органического вещества, фитомассы и углерода болотных фитоценозов Западной Сибири [5]. Все эти данные полученные в 80-х годах прошлого века. Более поздних данных по запасам фитомассы и особенно продукции торфяных болот, формирующихся в условиях континентального климата, по-прежнему очень мало. В последнее время усилилось понимание значения и необходимости охраны и восстановления природных экосистем, имеющих не только высокий экономический потенциал, но и выполняющих определенную роль в биосфере. По этим причинам восстановлению торфяных болот уделяется большое внимание, особенно в Европе и Канаде [6, 7, 8]. Эффективное же восстановление нарушенных болотных экосистем невозможно без изучения особенностей их функционирования. Актуальность этого доказывают многочисленные последние работы канадских исследователей, посвященные восстановлению болотных растительных сообществ.

Целью данной работы было в оценке изменений в функционировании фитоценоза на основе мониторинга параметров продуктивности болотных экосистем Западной Сибири по широтному градиенту. Продуктивность является основной характеристикой функционирования природных экосистем, характеризуется величиной запасов фитомассы и чистой первичной продукции для каждой климатической зоны и растительной формации [5, 9]. Продуктивность экосистем отражает их биологический потенциал и характеризуется тремя параметрами – запасом фитомассы, морт-массы ($г/м^2$) и чистой первичной продукцией, то есть количеством органического вещества, создаваемого зелеными растениями за единицу времени на единице площади ($г/м^2$ в год). Анализ биологической продуктивности растительных сообществ болотных экосистем показывает зависимость от типа экосистемы, климатических характеристик разных зон (подзон) Западной Сибири. Многолетняя динамика биологической продуктивности прослежена на болотах лесостепи в зависимости от климатических условий. Оптимальное количество тепла и влаги для развития болотных систем имеет зона тайги, причем наиболее благоприятные условия в средней тайге. С продвижением на север с понижением среднегодовых температур и наличия многолетней мерзлоты, изменяется биологическая продуктивность одних и тех же болотных экосистем, уменьшается площадь некоторых болотных сообществ и появляются другие типы болот, таких как плоскобугристые и полигональные. С продвижением на юг в лесостепи болота увеличивают свою продуктивность, олиготрофные

болота (рямы) занимают незначительные участки, но начинают увеличиваться площадь низинных болот и займищ. Количество тепла и влаги, необходимое для формирования биологической продуктивности болотных экосистем имеет наибольшее влияние в современных условиях. Очевидно, что среднегодовая температура имеет положительное значение (+1°) только в подзоне южной тайги и лесостепи, в подзонах средней и северной тайги она составляет –3,4° и –4,4° (табл. 1). Наибольшее количество осадков в течение года выпадает в подзоне средней тайги. Максимум осадков приходится на осенне-летний период. По теплообеспеченности и по увлажнению годы наблюдения не имели существенных отличий от среднемноголетних.

Таблица 1

Характеристика климатических условий разных зон (подзон) Западной Сибири (Среднемноголетнее количество осадков и температуры за год, с учетом высоты над уровнем моря и многолетней мерзлоты)

Местоположение метеостанции	Σ осадков за год, мм	Ср.годов. t, °С	Мерзлота, см	Высота, м н.у.м.
лесотундра (ст. Надым)	430	-6,6	40	50-100
северная тайга	336-360	-3,4 - (-5,4)	40	120-150
средняя тайга	400-600	-2,8 - (-3,7)	нет	50-100
южная тайга	400-500	-0,6 – (-1,6)	нет	50-150
лесостепь (ст.Убинское)	355	-1,1 (0,9)	нет	100-150

Для мониторинга болот были взяты следующие количественные параметры биологической продуктивности болотных экосистем: запаса мортмассы, фитомассы, чистой первичной продукции и отношение мортмассы к продукции. Для определения биологической продуктивности отбор проб произведен в наиболее типичных его участках с учетом характера микрорельефа. Рассмотренные нами параметры биологических процессов позволяют дать количественную оценку функционирования болотных экосистем лесотундры, северной, средней и южной тайги, лесостепи. Одним из основных показателей биологических процессов экосистем является их продуктивность, которая определяется запасами фитомассы, мортмассы и продукции (NPP).

Общие запасы растительного вещества болот составляют от 6000 до 18258 г/м² уменьшаясь с севера на юг [10, 11]. Минимальные запасы растительного вещества отмечены для рямов лесостепи и составляют 6200 г/м². *Мертвое растительное вещество* или *мортмасса* составляет 70-90% от общего запаса растительного вещества. Преобладание мортмассы над живым растительным веществом отмечается для всех болотных экосистем. Выполненная работа показывает, что особенностью биологического круговорота в болотных экосистемах является продолжительное задержание поглощенных химических элементов в растительном веществе, торфе. По этой причине общая масса растительного вещества в деятельном слое в болотных фитоценозов в 6-14 раза больше массы прироста. Замедленность движения масс в системе биологического круговорота в болотных экосистемах усиливается тем, что основная часть биомассы (около 80-90%) находится в торфе, и отмирающие части сфагновых мхов задерживаются в толще, образуя обильную сфагновую подстилку. Преобладание мортмассы в 2-3 раза над живой частью растительности говорит замедленном разложении растительных остатков. Вклад надземной мортмассы в общий ее запас составляет всего 5-10% и в основном образуется из ветоши и подстилки сосудистых растений. Причем запас ветоши осок и пушиц преобладает над запасом подстилки, из-за быстрого ее разложения и минерализации. К факторам, влияющим на величину накопления мортмассы, можно отнести низкие температуры и близость мерзлоты, которая регистрируется на глубине 40 см на болотах лесотундры

и северной тайги.

Живое растительное вещество изменяется от 500 до 6000 г/м² в зависимости от экосистемы и положения в микрорельефе. Минимальные запасы живого растительного вещества отмечаются в олиготрофных мочажинах. На пониженных участках рельефа в олиготрофных мочажинах и в мезотрофных мочажинах большая часть фитомассы (88 %) создается подземными органами осок, значительная часть которых представлена узлами кущения и корневищами, на повышенных – корнями и стволиками кустарничков.

Чистая первичная продукция (NPP) болот составляет от 300 до 2800 г/м² в год и определяется составом растительного сообщества и типом болотной экосистемы и зависит от погодных условий года исследования. Продукция достигает максимальной величины из-за дополнительного притока питательных веществ в мезотрофных и евтрофных мочажинах, топях и хасыряях. Высокую продукцию обеспечивает доминирование осок в растительном сообществе евтрофных болота. Продукция подземной фитомассы (BNP) составляет 80 % от общей продукции и создается, в основном, подземными органами осок. Продукция мхов не превышает 10 - 12%. На водоразделе Западной Сибири в осоковых низинных болотах лесостепи продукция может иметь наибольшую величину – 2800 г/м² в год. На болотах лесотундры продукция изменяется от 380 г/м² в год до 870 г/м² в год. Наибольшей величины продукция достигает в хасыряях мезотрофных мочажин, минимальной продукции - на мерзлых буграх.

Полученные экспериментальные данные показывают, что более мягкие климатические условия средней и южной тайги способствовали вовлечению в биологический круговорот значительно большего количества углерода по сравнению с северной тайгой и лесотундрой. В соответствии с этим все показатели углеродного баланса болотного массива в средне- и южнотаежных ключевых участках оказались выше аналогичных показателей болотных экосистем ключевого участка северной тайги и лесотундры. На основе полевых наземных исследований впервые комплексно обоснована биосферная климаторегулирующая функция болотного покрова Западной Сибири и установлено большое значение обширных болотных массивов Западной Сибири, не только как источника парниковых газов, но и как стоков углекислоты и резервуаров углерода. Выявлена зависимость продукционного процесса от климатических флуктуаций по широтному градиенту Западной Сибири. Полученные величины запаса фитомассы, мортмассы и продукции растительного вещества показывают, что при высокой величине запасов растительного вещества, большая доля мортмассы определяется близостью мерзлоты в болотах лесотундры и северной тайги, а величина продукции (NPP) зависят от климатических условий и типа экосистемы. Соотношение полученных количественных характеристик биологической продуктивности, такие как отношение мортмассы к первичной продукции, отражающее скорость круговорота мортмассы показывает, что средняя скорость круговорота мортмассы в экосистемах болот ускоряется с продвижением на юг. Максимально замедленный круговорот мортмассы отмечается на мерзлых буграх лесотундры, где круговорот замедляется до 45 лет. Таким образом, изучение продукционных процессов выявило более высокие величины продукции в богатых болотных системах, что приводит к ускорению круговорота мортмассы, по сравнению с олиготрофными комплексами. Запасы живой фитомассы в большей степени зависят от типа экосистемы и в меньшей от зоны. Болотные комплексы Западной Сибири являются уникальным компактным природным полигоном, с хорошо развитым зональными признаками на равнинной территории и удобным для организации многолетнего мониторинга продукционных процессов в контексте климатических изменений.

Список литературы:

1. Gorham E. (1991) Northern peatlands: role in the carbon cycle and probably responses to climate warming. *Ecological Applications* 1:182–195.

2. Новиков, С.М., Усова, Л.И., 2002. К оценке площади болот, заболоченных земель и прогнозных запасов торфа на территории Российской Федерации. Сб. работ по гидрологии, 25: 3-10.
3. Yu Z., J.Loisel, D.P. Brosseau, D. W. Beilman and S.J. Hunt 2010. Global peatland dynamics since the Last Glacial Maximum //GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, VOL. 37, L13402, doi:10.1029/2010GL043584, 2010
4. Loisel, J., Yu, Z., Beilman, D.W., Camill, P., Alm, J., Amesbury, M.J., Anderson, D., Andersson, S., Bochicchio, C., Barber, K., Belyea, L.R., Bunbury, J., Chambers, F.M., Charman, D.J., De Vleeschouwer, F., Fiałkiewicz-Koziele, B., Finkelstein, S. A., Galka, M., Garneau, M., Hammarlund, D., Hinchcliffe, W., Holmquist, J., Hughes, P., Jones, M.C., Klein, E.S., Kokfelt, U., Korhola, A., Kuhry, P., Lamarre, A., Lamentowicz, M., Large, D., Lavoie, M., MacDonald, G., Magnan, G., Mäkilä, M., Mallon, G., Mathijssen, P., Mauquoy, D., McCarroll, J., Moore, T.R., Nichols, J., O'Reilly, B., Oksanen, P., Packalen, M., Peteet, D., Richard, P.J.H., Robinson, S., Ronkainen, T., Rundgren, M., Sannel, A.B.K., Tarnocai, C., Thom, T., Tuittila, E-S., Turetsky, M., Välranta, M., van der Linden, M., van Geel, B., van Bellen, S., Vitt, D., Zhao Y. & Zhou, W. (2014) A database and synthesis of northern peatland soil properties and Holocene carbon and nitrogen accumulation. *The Holocene*, 24, 1028–1042.
5. Базилевич Н. И. 1993. Биологическая продуктивность экосистем Северной Евразии. М.:Наука. 295 с.
6. Vitt D.H. 2000. Peatlands ecosystems dominated by bryophytes // Shaw A., Goffinet B. (Eds.) *Bryophyte biology*. Cambridge: CambridgeUniversity Press. P.
7. Benschoter B.W, Vitt. D.H. 2008. Spatial patterns and temporal trajectories of the bog ground layer along a post-fire chronosequence // *Ecosystems*. V. 11. P. 1054-1064.
8. Murphy M.T., Mc. Kinley A., Moore T.R. 2009. Variation in above- and below-ground vascular plant biomass and water table on a temperate ombrotrophic peatland // *Botany*. V. 87. P. 845-853
9. Titlyanova A.A., Romanova I.P., Kosykh N.P., Mironycheva-Tokareva N.P. 1999. Pattern and process in above-ground and below-ground components of grassland ecosystems // *J. of Veg. Sci.* V. 10. № 3. P. 307-320.
10. Kosykh N.P., Koronatova N.G., Naumova N.B., Titlyanova A.A. 2008. Above- and below-ground phytomass and net primary production in boreal mire ecosystems of Western Siberia // *Wetlands Ecol. Manage.* V. 16. P. 139-153.
11. Наумов А.В., Косых Н.П., Паршина Е.К., Артымук С.Ю. 2009. Верховые болота лесостепной зоны, их состояние и мониторинг // *Сибирский экологический журнал*. №2. с.251-259

MONITORING PRODUCTIVITY OF PEATLANDS

N.P. Kosykh

Institute of Soil Science and Agrochemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia, e-mail: kosykh@issa-siberia.ru

Abstract

The results of the study of the quantitative characteristics of phytomass, mortmass and production of wetland ecosystems formed in the conditions of Western Siberia were monitored. The comparison showed that there is an increase in production and a decrease in mortmass from north to south. The reserves of living phytomass vary from 500 to 6000 g/m² depending on the type of ecosystem, the reserves of the mortmass vary from 6000 to 19000 g/m² in the active horizon. Net primary production again ranges from 300 to 2800 g/m² year.

УДК 622.22

ОБОСНОВАНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ К СОЗДАНИЮ РАЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ СВОБОДНО ПОТОЧНОГО ГИДРОАГРЕГАТА

В.Г. Краснов¹, А.Д. Обозов²

¹ТИУ, филиал г. Нижневартовск, 628616, Россия, e-mail: kiril5krasnov@mail.ru

²Научно-исследовательский институт энергетики и экономики КР, г. Бишкек, 720055, Киргизская Республика, e-mail: obozov-a@mail.ru

Данная статья посвящена одному из направлений в области использования возобновляемой энергетики – свободнопоточным гидросиловым установкам. В статье рассмотрены направления технических решений малых энергетических машин с приводом от свободного потока водных ресурсов. Показаны основные преимущества и недостатки различных энергетических установок. В результате проведенного анализа было выявлено, что предлагаемый вариант решения задачи характеризуется приемлемыми технико-экономическими показателями, при этом главной его особенностью является высокая степень мобильности, простота монтажа и обслуживания при достаточной энергопроизводительности. Такие установки могут найти применение на небольших объектах электрификации, находящихся на значительном удалении от электрических сетей и характеризующихся затрудненной транспортной доступностью в части снабжения топливом, при этом для обеспечения выработки электрической энергии достаточно наличие небольших водных потоков.

Важность и актуальность задачи по созданию рациональных устройств направленных на использование возобновляемых источников энергии вытекает из проявляемого интереса широким кругом исследователей указанной проблеме. Использование гидравлической энергии малых рек одно из перспективных направлений решаемой задачи. Это направление нашло свое решение в различных решениях восприятия и передачи энергии потока к выходному звену гидроагрегата.

Основой этой структурной взаимосвязи потока с системой извлечения является зависимость поступательного движения потока с вращательным движением ведомого звена устройства системы. Эта связь обеспечивается рабочим органом системы извлечения, взаимодействующим с потоком. По характеру извлечения энергии, компоновки устройства, системы извлечения на основе анализа известных технических решений, можно переставить структурной схемой по рис. 1.

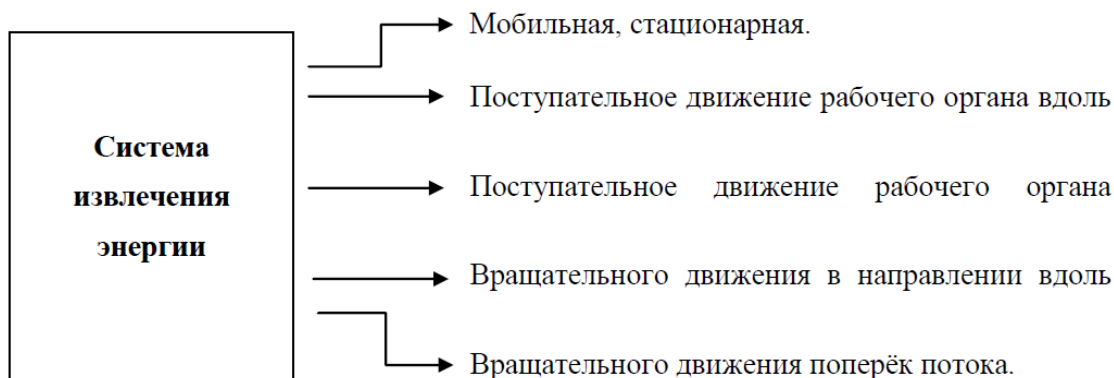


Рис.1. Структура взаимосвязи потока с рабочими органами

Движение рабочего органа относительно направления потока характеризуется, как совпадающим или перпендикулярное направлению движению потока. По ориентированию рабочих поверхностей относительно потока, последние могут быть ори-

ентированы нормально или под некоторым углом, относительно плоскости сечения потока или относительно плоскости свободной поверхности потока (рис.2).

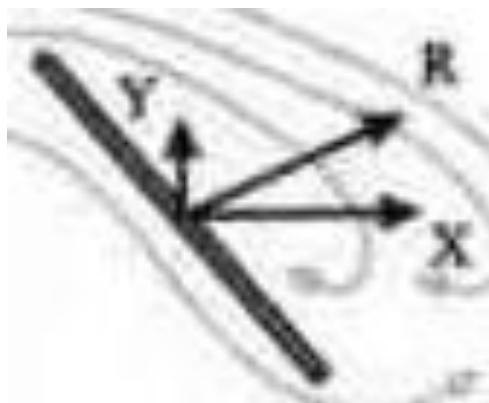


Рис.2. Схема разложения составляющей силы потока

Наклонное положение рабочей поверхности по отношению к потоку предполагает разложение действующей силы, что снижает эффективность использования энергии потока. При нормальном расположении рабочей поверхности к потоку, эффективность передач энергии, например по устройству [1] определяется по зависимости:

$$F = C_x \frac{\rho(v - u)^2}{2} S, \quad (1)$$

где v – скорость потока, u – скорость движения рабочего органа.

Из выражения 1 следует, что F_{\max} обеспечивается при $u=0$, но при этом $N = M\omega = M \frac{v}{r} = 0$. Этим условием объясняется несовершенство свободно поточных гидроагрегатов такого типа. Возможность повышения к.п.д. извлечения энергии потока вытекает из степени использования составляющих потока, количественная мера которого оценивается: через объемную характеристику расхода – Q , кинетическую энергию потока – QE , количество движения потока Qk .

Использование количественной составляющей потока реализовано в гидроагрегате с рабочим органом переменной массы [2]. В устройстве, рабочий орган выполнен в виде полого цилиндра с возможностью заполнения полости, при входе его в поток рис.3.

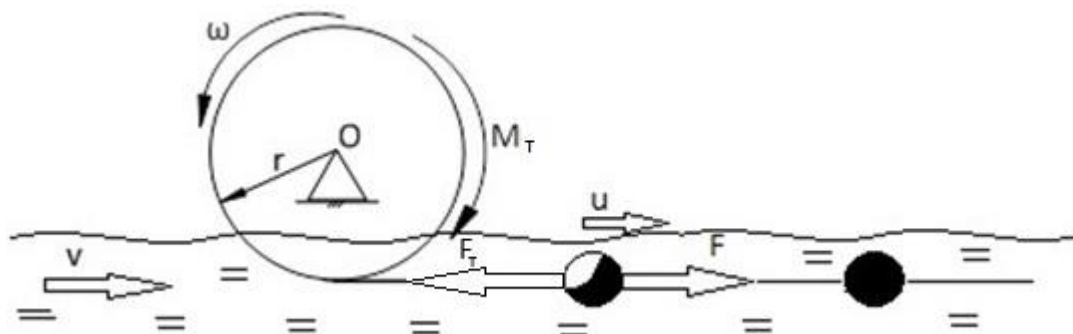


Рис. 3. Устройство с рабочим органом переменной массы

Для материальной точки переменной массы основное уравнение получено И. В. Мещерским. Уравнение обычно записывается в следующем виде:

$$m \frac{dv}{dt} = \bar{F} - \bar{u} \frac{dm}{dt} \quad (2)$$

Для рабочего тела, в рассматриваемом случае, уравнение количества движения запишется в виде:

$$m \frac{\partial u}{\partial t} = (u) \frac{\partial m}{\partial t} + C_x \frac{\rho(v-u)^2}{2} S - F_T \quad (3)$$

где F_T – сила торможения, возникающая за счет работы генератора тока,
 v – скорость течения потока,
 u – скорость движения рабочего органа.

Для стационарного случая уравнение примет вид

$$0 = (u) \frac{\partial m}{\partial t} + C_x \frac{\rho(v-u)^2}{2} S - F_T, \quad (4)$$

Проинтегрировав уравнение (4) по времени, получим

$$0 = \int_0^{\Delta t} (v-u) \frac{\partial m}{\partial t} dt + C_x \frac{\rho(v-u)^2}{2} S \Delta t - F_T \Delta t. \quad (5)$$

Время заполнения полости водой неизвестная величина и является достаточно малой. Суть не меняется, если за время Δt взять период погружения в воду каждого последующего рабочего тела. Если рабочие тела располагаются друг за другом на расстоянии Δl и движутся со скоростью u , то

$$\Delta t = \frac{\Delta l}{u} \quad (6)$$

Тогда уравнение (5) с учетом (6) примет вид

$$F_T = (u)u \frac{\Delta m}{\Delta l} + C_x \frac{\rho(v-u)^2}{2} S, \quad (7)$$

Где первое слагаемое определяет нагрузку от приращенной массы, а второе сопротивление сил обтекания. Значимость составляющих уравнения (7) показана на рис. 4.

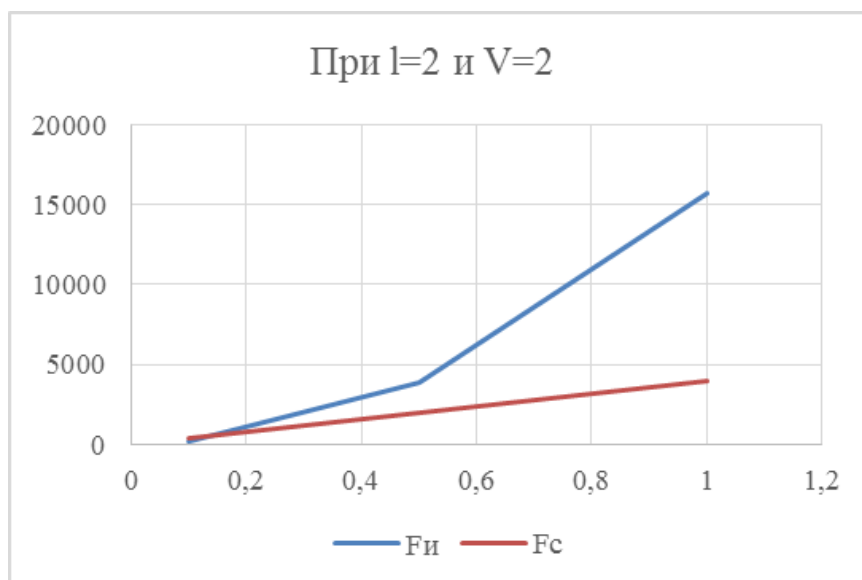


Рис.4. Диаграммы зависимости силы от геометрических параметров рабочего органа

Таблица 1

Влияние на силу торможения (при $l=2$ и $V=2$)

d	Fи	Fc
0,1	157	400
0,5	3925	2000
1	15700	4000

Из диаграммы по рис.4 следует, что существенное влияние на силу торможения оказывают геометрические размеры рабочего органа.

Так как площадь S изменяется в квадратичной зависимости, а масса m через объем то, как видно по рисунку 4, с изменением диаметра, первое слагаемое приводит к более интенсивному влиянию на силу торможения по отношению ко второму. Указанное обстоятельство позволяет сделать вывод о целесообразности использования гидроустановок с рабочим органом переменной массы и при незначительных скоростях потока.

Список литературы:

1. Продольно-поточная гидросиловая установка Патент 156588// 27.02.2015.
2. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики: учеб. для студентов вузов / зд. 20-е, стер. - М.: Высш. шк., 2010. – 415 с.

**JUSTIFICATION OF THE DIRECTION FOR THE DEVELOPMENT
OF A RATIONAL SCHEME OF A FREE-FLOW HYDRO POWER STATION**

V.G. Krasnov¹, A.J. Obozov²

¹*TIU, branch Nizhnevartovsk, 628616, Russia, e-mail: kiril5krasnov@mail.ru*

²*Research Institute of Energy and Economics of the Kyrgyz Republic,
Bishkek, 720055, Kyrgyz Republic, e-mail: obozov-a@mail.ru*

Abstract

This article is dedicated to one of the approaches of alternative energy usage – free-flow hydropower stations. The article considers the directions of technical solutions for small energy machines driven by the free flow of water resources. The main advantages and disadvantages of various power plants are presented. As a result of the analysis, it was revealed that the proposed solution to the problem is characterized by acceptable technical and economic indicators, while its feature is a high degree of mobility and ease of installation and maintenance with sufficient energy efficiency. Such plants can be used at small electric facilities located at a considerable distance from electrical networks and characterized by difficult transport accessibility in terms of fuel supply, while the presence of small water flows is sufficient to ensure the production of electrical energy.

628.315.2

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ПО ОПТИМИЗАЦИИ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА В ОТКРЫТЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ КАНАЛИЗАЦИИ

А.В. Кругликова

Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), Новосибирск, Россия, 630008, Россия, e-mail: nastikrug@mail.ru

В настоящее время расчёт очистных сооружений канализации (ОСК) производится на температуру сточной жидкости, поступающей в приёмную камеру, без учёта её изменения в ходе очистки в открытых сооружениях: первичных отстойниках, аэротенках и вторичных отстойниках [1]. Причём для определения объёмов основных открытых сооружений принимается среднегодовая температура, которая значительно отличается от средней температуры за холодный период, а тем более от средней за самый холодный месяц или холодную пятидневку. Для подбора основного оборудования (воздуходувки) используется среднемесячная температура за тёплый период года, которая также отличается от средней температуры за самый жаркий месяц, не говоря уже о самой жаркой пятидневке [2].

Длительное нахождение сточной жидкости в открытых сооружениях (от 8 до 16 часов) в процессе её очистки отражается на её охлаждении или нагревании. В первую очередь на степень изменения температуры влияют природно-климатические факторы района нахождения объекта. Немаловажную роль в изменении температуры сточной жидкости играют и объёмы сооружений; в сооружениях больших размеров сточная жидкость охлаждается или нагревается более медленно. Определённую роль в изменении температуры сточной жидкости оказывает качество сточной жидкости, влияющее на продолжительность обработки стоков в открытых сооружениях.

К сожалению, на сегодня в практике проектирования ОСК не учитывается изменение температуры сточной жидкости в ходе её очистки в открытых сооружениях. Все сооружения (первичные и вторичные отстойники, а также аэротенки) рассчитываются на температуру сточной жидкости приёмной камеры, что, естественно, в производственных условиях отражается на качестве очищенной сточной жидкости в периоды, когда её фактическая температура отличается от расчётной, принятой на стадии проектирования.

Программный комплекс [3], разработанный в помощь эксплуатационному персоналу для анализа, прогнозирования и оптимизации ОСК, успешно решает задачи по выявлению возможных нарушений в работе объектов по очистке сточных вод в зависимости от изменения гидравлической нагрузки или нагрузки по загрязнениям, ухудшению технического состояния сооружений или отключению, включению дополнительного количества сооружений или оборудования, но не учитывает изменения температуры сточной жидкости в открытых сооружениях в ходе её очистки. Вызвано это тем, что в существующей компьютерной модели не заложены математические модели, описывающие процессы теплообмена, протекающие в открытых сооружениях между сточной жидкостью и окружающей средой.

Основной задачей данных исследований состоит в разработке усовершенствованной компьютерной модели, способной учитывать этот важнейший показатель, влияющий на принимаемые объёмы сооружений на стадии проектирования и качество очистки стоков на стадии эксплуатации ОСК.

Для моделирования тепловых процессов, протекающих в открытых сооружениях, используются математические модели, широко применяемые в теплотехнике для определения потерь тепла в окружающую среду и поступления тепла извне. Общими

статьями потерь тепла для первичных, вторичных отстойников и аэротенков являются потери за счёт испарения, естественного или вынужденного конвективного теплообмена, излучения тепла с абсолютно тёмного тела, потерь тепла в грунт, поступления энергии Солнца. Для аэротенков дополнительно необходимо учитывать потери или поступление тепла в результате нагнетания воздуха в самый холодный или самый жаркий периоды года. В любое время года в аэротенках в разной степени наблюдается воздействие на температуру сточной жидкости тепло экзотермических реакций [4].

В данной работе рассматривается модель только одного сооружения (первичного отстойника), в котором изменение температуры сточной жидкости происходит за счет потерь тепла в грунт через ограждающие конструкции.

Созданию действующей компьютерной модели первичного отстойника предшествовала работа, посвященная мониторингу температуры сточной жидкости в открытых сооружениях (первичных и вторичных отстойников, а также аэротенков) двух объектов, расположенных практически в одной климатической зоне, но имеющие разную производительность, разный набор и разную конструкцию сооружений. В качестве таких объектов были выбраны ОСК города Новосибирска пропускной способностью 820 тыс. м³/сут и Искитима мощностью 50 тыс. м³/сут, которые удалены друг от друга на расстоянии 60 км.

Геометрия модели первичного отстойника строилась на основе реальных параметров данного сооружения. Данная модель позволяет оценить насколько грунт влияет на температуру сточной жидкости в этом сооружении. Решение поставленной задачи производилось на основе трехмерных осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье-Стокса [5], дополненных уравнениями энергии и k-w SST модели турбулентности. Разработанная компьютерная модель учитывает теплообмен со стенками сооружения и грунтом путем решения сопряженной тепловой задачи. Для получения более точных результатов расчет задачи производился на самый неблагоприятный зимний режим работы сооружения. Решение задачи позволяет оценить влияние климатических параметров, заданные для решателя, на температуру сточной жидкости.

В качестве инструмента для решения поставленной задачи был использован программный комплекс ANSYS Fluent всех перечисленных факторов [6]. Для построения геометрии данной модели был использован модуль Design Modeler - универсальный CAD-редактор с широким набором инструментов для создания новой геометрии, в котором использованы фактические объемы первичного отстойника, что позволило сформировать полномасштабную 3D модель сооружения (рис. 1).

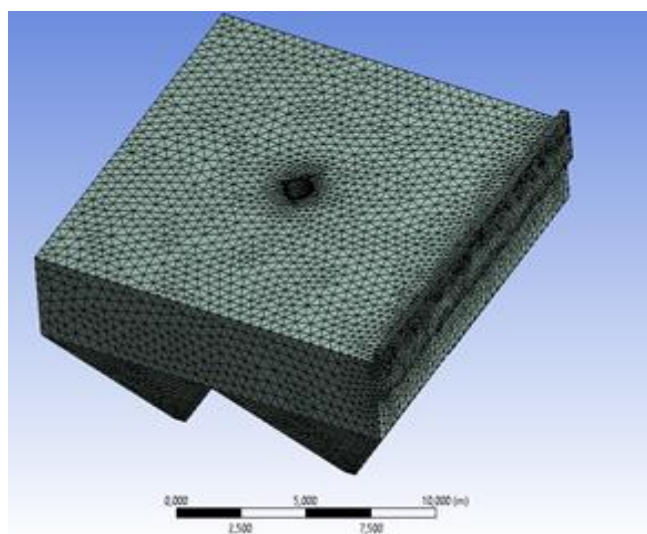


Рис. 1. Полномасштабная 3D модель первичного отстойника

Дополнительно использовалась модель энергии, а также модель вязкости. В качестве модели вязкости была выбрана модель турбулентности k - ω (2 eqn). В данной модели решались два дополнительных транспортных уравнения для турбулентной кинетической энергии k , скорости ее диссипации в тепло ϵ . По этим параметрам вычисляется турбулентная вязкость, которая потом добавляется в уравнение движения. Однако так как жидкость прилипает к стенкам, то есть имеет нулевую скорость на стенках, в узком пристенном слое течение можно считать ламинарным. Для описания эффекта ламинарно-турбулентного перехода при увеличении вертикальной координаты k - ϵ модель использует пристеночные функции. При решении задачи использовались реальные данные, отражающие набор материалов и их физические свойства, а также задавались свойства жидкости и твердых тел.

Определение граничных условий позволило выделить единственное решение из множества всех решений дифференциальных уравнений, описывающих движение среды.

Для апробации данной модели был выбран зимний период года, когда происходят наибольшие потери тепла в открытых сооружениях, был проведен расчет с заданными параметрами и температурой окружающей среды (-37 градусов), который показал, что температура сточной жидкости в зимний период года не стабильна.

Решение данной задачи показало, что изменения на первый взгляд незначительны. Это связано с тем, что не все статьи потерь и поступления тепла данная разработка учитывает, поэтому на данном этапе модель дорабатывается, что в дальнейшем позволит прогнозировать температуру сточной жидкости по ходу её очистки и позволит правильно подбирать объёмы сооружений и оборудование на стадии проектирования, тем самым исключит ухудшение показателей очищенной сточной жидкости в самый холодный и самый жаркий периоды года.

Список литературы:

1. СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения//Госстрой СССР. - М.: Стройиздат, 2012, 85 С.
2. Амбросова Г.Т., Кругликова А.В.// Влияние природных условий на эффективность работы очистных сооружений канализации//Биосферная совместимость: человек, регион технологии. – 2016. Курск, №4 (16). – С 3-12.
3. Амбросова Г.Т., Гвоздев В.А., Меркель О.М., Бойко Т.А. Контроль работы очистных сооружений канализации//Журнал «Известия вузов «Строительство». Новосибирск 2003, №2. 1,5 п.л.
4. СП 131.13330.2012: Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99 – М.: Стройиздат, 2012, С 109.
6. Седов Л.И. Механика сплошной среды. 6-е изд. М., 2004. Т. 1.
7. Учебное пособие по созданию различных моделей в ANSYS FLUENT. Издательство ANSYS, Inc. Southpointe, 2011 г., 1146 с. <https://www.twirpx.com/file/945570/>.

SOFTWARE PACKAGE FOR OPTIMIZATION OF TEMPERATURE CONDITIONS IN OPEN WASTEWATER TREATMENT PLANTS

A.V. Kruglikova

¹ *Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin),
Novosibirsk, 630008, Russian Federation, email: nastikrug@mail.ru*

Abstract

Earlier, a computer model to analyse, predict and optimize particular sewage treatment plants (USC) was created. Its main parameters were the flow rate and indicators of the waste liquid. The model permits to change technological and economic parameters. Changing them, we can predict the quality of treated waste liquid before its discharge into the reservoir.

Existing USC model's drawback is the lack of mathematical description of heat-mass exchange processes in open facilities and ignorance of temperature changes in these facilities when changing climatic factors. Waste liquid cooling and heating in open facilities has negative impact on their work.

The relevance of the issue called for a new computer technology to calculate thermal processes. It's based on the fluid motion simulation; various physical factors are considered: forced-convection heat transfer during the liquid flow in the USC, heat exchange with surrounding air, solar radiation, heat loss through the walls of the reactor, heat required to bring up the sludge in the reactor to operating temperature, heat released from exothermic reactions. The software package ANSYS Fluent which allows to simulate the flow of multiphase fluids was selected. The problems solved for the USC reactor full-scale model on the base of three-dimensional Reynolds Averaged Navier-Stokes equations, supplemented by equations of energy, and based on k-w SST turbulence model. The mathematical model considers the heat exchange with the walls of the structure and the soil by solving the coupled heat problem. Numerical studies allow us to obtain distribution of the average speed and temperature in the reactor and to estimate different physical processes contribution to the thermal balance under different external conditions.

ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БИОУГЛЯ, ПОЛУЧЕННОГО ГИДРОТЕРМАЛЬНОЙ КАРБОНИЗАЦИЕЙ ТОРФА

К.О. Крысанова¹; А.Ю. Крылова²

¹Объединенный институт высоких температур Российской академии наук
(ОИВТ РАН), Москва, 125412, Россия, e-mail: vermont.content@gmail.com

²ООО «Альтернативные технологии», Москва, 111024, Россия

Получению энергии из альтернативных источников уделяется достаточно большое внимание в наши дни. Один из факторов, вносящих вклад в эту тенденцию – сложившаяся экологическая обстановка в мире, в том числе увеличение углекислого газа в окружающей среде. В основном промышленные выбросы CO₂ осуществляются за счет сжигания добываемых углеводородов [1]. К примеру, на сжигание угля приходится около 18.2 млрд т CO₂. Существенным снижением выбросов углекислого газа может являться применение биоугля – «CO₂-нейтрального» топлива, полученного искусственным путем при переработке различного вида биомассы. Биоуголь называется «CO₂-нейтральным» источником энергии, поскольку при его сжигании, выделяется столько же углекислого газа, сколько растения, поглотили в течении жизненного цикла, и следовательно, такое сжигание не оказывает негативного влияния на общий баланс диоксида углерода в атмосфере.

Современными способами получения биоугля из биомассы является гидротермальная карбонизация (ГТК) биомассы. Процесс протекает в мягких условиях: температура 180-250 °С, давление около 25 атм, длительностью от 1 до 24 ч (в зависимости от перерабатываемого материала), инертной среде [2]. Процесс был открыт в 1930 г., однако, должное распространение процесс получил в середине 2000-ых, когда была установлена возможность переработки биомассы высокой влажности методом ГТК. Преимуществами данного способа переработки биомассы являются: отсутствие предварительной сушки сырья, высокая эффективность преобразования сырья, относительно низкая рабочая температура среди термических методов, высокая энергетическая плотность биоугля [3].

Отличительной особенностью ГТК от других термических процессов – присутствие большого количества воды, которая выступает в реакции в качестве растворителя, катализатора, реагента и среды для переноса вещества и энергии [4].

В процессе гидротермальной карбонизации происходят несколько основных химических реакций: гидролиз, дегидратация, полимеризация и ароматизация [5], которые, безусловно, влияют на структуру и теплофизические характеристики получившегося биоугля.

Полученный биоуголь отличается более высокими теплоэнергетическими параметрами, но меньшим содержанием минеральных компонентов и гигроскопичностью в сравнении с необработанным сырьем. Сырье с низкой гигроскопичностью возможно хранить без применения дополнительного оборудования, оно более удобно в транспортировке.

Целью работы являлось изучение влияния температуры процесса гидротермальной карбонизации биомассы на теплофизические свойства биоугля и предел его гигроскопичности. В качестве сырья был использован верховой торф месторождения Боровское Новгородской области.

Торф – это возобновляемый природный биоресурс, который образуется в результате естественного отмирания и неполного распада болотных растений под воздействием биохимических процессов в условиях повышенной влажности и недостатка кислорода.

На территории Российской Федерации находится один из самых обширных торфяных бассейнов в мире, однако его добыча составляет около 2 млн. тонн в год. Это обусловлено низкой теплотворной способностью сырья, а также трудностью его транспортировки. Однако в отличие от ископаемого угля торф имеет и ряд преимуществ: содержит меньшее количество серы и вредных примесей и его использование меньше вредит экологии.

Гидротермальную карбонизацию торфа проводили в стальном аппарате периодического действия (рисунок 1). Установка состоит из: реактора, в который загружается стеклянная колба с изучаемым материалом; муфельной печи, осуществляющей термический нагрев реактора до необходимой температуры; термопары; датчика давления; многоканального считывающего устройства для регулирования и записи показаний температуры и давления в течение эксперимента, а также ЛАТРа (лабораторный автотрансформатор регулируемый), корректирующего напряжение на муфельной печи с целью достижения оптимальной температуры.

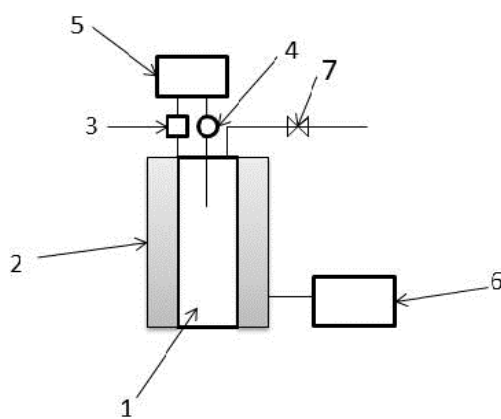


Рис. 1. Схема установки для осуществления процесса гидротермальной карбонизации:
1-реактор, 2-муфельная печь, 3-датчик давления, 4-термопара,
5-считывающее устройство, 6 –ЛАТР, 7- вентиль.

Для проведения опыта смешивали 50 г торфа с водой в пропорции 1:3. Полученную суспензию загружали в реактор, продували азотом для удаления кислорода, нагревали до заданной температура (от 160 до 230 °С) и выдерживали 8 ч. Далее реактор охлаждали, полученную суспензию разделяли на жидкость и твердый остаток при помощи фильтровальной бумаги. Твердый остаток сушили при 20 °С около 72 ч.

Для определения влажности и зольности соединений был использован термоанализатор SDTQ 600, позволяющий проводить синхронный термический анализ, который включает термогравиметрический и дифференциальный термогравиметрический анализ, а также дифференциальную сканирующую калориметрию.

Теплотворную способность материалов определяли, исходя из элементного анализа, который проводили на элементном анализаторе Vario MICRO Cube, предназначенном для одновременного определения элементов С, Н, N и S в образцах.

Теплотворные способности исходного торфа и биоугля были рассчитаны по уравнению Менделеева, где НТС-низшая теплота сгорания, ВТС-высшая теплота сгорания, С, Н, O, S, W процентное содержание углерода, водорода, кислорода, серы, влаги в материале [6].

$$\text{НТС} = 339.3 * \text{C} + 1256 * \text{H} - 109(\text{O} - \text{S}) - 25.2 * (9 * \text{H} + \text{W}) \quad (1)$$

$$\text{ВТС} = 339.3 * \text{C} + 1256 * \text{H} - 109(\text{O} - \text{S}) \quad (2)$$

Предел гигроскопичности был определен по ГОСТ 16483.32-77.

В таблице 1 представлен элементный состав необработанного торфа и полученного биоугля при различных температурах.

Теплофизические свойства

T, °C	Состав, мас. % (на сухое вещество)					
	N	C	H	S	O	A
--	1.42	52.09	5.79	0.15	31.00	9.63
160	1.80	60.50	5.76	0.13	30.51	1.30
190	2.12	64.84	5.71	0.16	22.13	5.05
210	1.92	64.89	5.36	0.09	22.16	5.58
230	1.97	68.17	5.60	0.11	19.47	4.68

Согласно таблице 1 наблюдается заметное увеличение количества углерода и снижение кислорода в материале с увеличением температуры процесса гидротермальной карбонизации. Количество углерода возросло на 30% (с 52.09 у исходного торфа до 68.17% у биоуголя, полученный при 230 °C). Кислород упал почти на 40% (с 31.00 у исходного торфа до 19.47% у биогля, полученного при 230 °C).

Основные реакции, влияющие на изменения этих параметров - это дегидратация и декарбонизирование, способствующие выделению воды и углекислого газа из сырья [7]. Уменьшение зольной составляющей обусловлено вымыванием части неорганической соединений из сырья [8]. Согласно [9] при переработке лигноцеллюлозной биомассы методом гидротермальной карбонизации заметно снижается значение Ca, K, Mg, Cl, P. Безусловно, снижение зольности биоуглей является одним из ключевых преимуществ процесса, поскольку уменьшает образования шлака при сжигании и продлевает срок службы котельного оборудования.

Теплотворные способности биоугля значительно возрастают в сравнении с исходным торфом (таблица 2). Наибольшее значение наблюдается у биоуголя, полученного при 230 °C, поскольку образец обладает наибольшим количеством углерода и наименьшим кислородом (26.77 МДж/кг низшая и 28.03 МДж/кг высшая теплотворные способности). Теплотворные способности биоугля, полученного при 230 °C, соотносимы с теплотворными способностями каменных углей [10].

Теплотворные способности исходного торфа и биоуглей

T, °C	Теплотворные способности, МДж/кг	
	Низшая	Высшая
--	20.19	21.48
160	23.13	24.43
190	25.47	26.76
210	25.11	28.03
230	26.77	28.03

На рисунке 2 представлено изменение предела гигроскопичности биоугля. Гигроскопичность – способность материала поглощать воздушную влагу.

Биоуголь, полученный гидротермальной карбонизацией биомассы, обладает меньшей гигроскопичностью, чем исходный торф. С химической точки зрения на изменение гигроскопичности влияет отсоединения кислородных функциональных групп с поверхности материала в течении реакции гидротермальной карбонизации [10].

Наименьшим значением предела гигроскопичности обладает биоуголь полученный при температуре 230 °С – 11.4%, что почти в 4 раза меньше, чем у исходного торфа (44.2%).

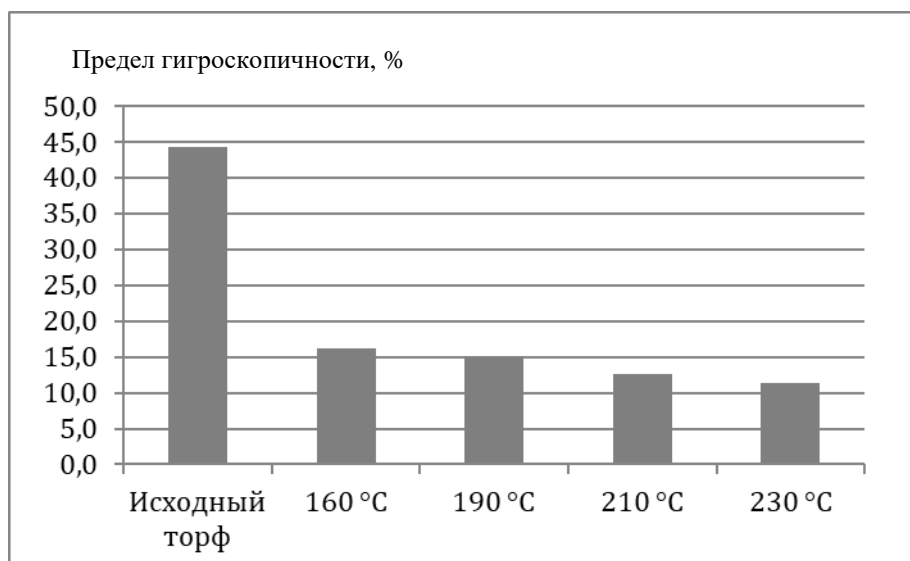


Рис. 2. Предел гигроскопичности исходного торфа и биоуглей

Процесс гидротермальной карбонизации - это перспективный способ переработки биомассы с целью получения биоугля. Обработка торфа методом ГТК привела к уменьшению предела гигроскопичности биоуглей почти в 4 раза и увеличению теплотворной способности до значения каменных углей.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 17-08-01393 а.

Список литературы:

1. <https://cyberleninka.ru/article/v/o-vliyanii-promyshlennyh-vybrosov-uglekislogoga-na-klimaticheskie-izmeneniya-1>
2. M. Reza, J. Andert, B. Wirth, D. Busch, J. Pielert, G. Joan, J. Ly-nam, J. Mumme, Hydrothermal Carbonization of Biomass for Energy and Crop Production//Appl. Bioenergy – 2014 – 1–p. 11–29. doi: 10.2478/apbi-2014-0001.
3. Liu Z, Quek A, Balasubramanian R. Thermogravimetric investigation of hydrochar-lignite co-combustion// Bioresour Technol DOI: 10.1016/j.biortech.2012.06.063.
4. Yu. Krylova, A & Zaichenko, Victor. Hydrothermal Carbonization of Biomass: A Review. //Solid Fuel Chemistry –.2018 – 52. – p. 91-103. 10.3103/S0361521918020076.
5. A. Funke, F. Ziegler, Hydrothermal carbonization of biomass: A summary and discussion of chemical mechanisms for process engineering// Biofuels, Bioproducts and Biorefining 4 (2010) 160 – 177 (03 2010). doi:10.1002/bbb.198.
6. Бесков С.Д. Технохимические расчеты. М.: Высшая школа, 1966. — 520 с.
7. M. Sevilla, A. Fuertes. The production of carbon materials by hydrothermal carbonization of cellulose // Carbon 47 – 2009 – p.2281–2289. doi: 10.1016/j.carbon.2009.04.026.
8. A. Smith, S. Singh, A. Ross, Fate of inorganic material during hydrothermal carbonization of biomass: Influence of feedstock on combustion behaviour of hydrochar // Fuel – 2016– 169 – p.135–145.
9. Reza, M. Toufiq & Lynam, Joan & Uddin, M Helal . Hydrothermal carbonization: Fate of inorganics // Biomass and Bioenergy. 49. 86-94. doi: 10.1016/j.biombioe.2012.12.004.
10. Мухин К.Н. Введение в ядерную физику. Тематический план 1965. №1.

11. C. He, A. Giannis, J.-Y. Wang. Conversion of sewage sludge to clean solid fuel using hydrothermal carbonization: Hydrochar fuel characteristics and combustion behavior // Applied Energy – 2013 – 111 – p. 257–266. doi: 10.1016/j.apenergy.2013.04.084.

**THERMOPHYSICAL PROPERTIES OF BIOCOIL OBTAINED
BY HYDROTHERMAL CARBONIZATION OF PEAT**

K.O. Krysanova, A.U. Krylova

*Joint Institute for High Temperatures of the Russian Academy of Sciences (JIHT RAS),
Moscow, 125412, Russia, e-mail: vermont.content@gmail.com*

Abstract

The work is devoted to investigation of the process hydrothermal carbonization that can recycle a biomass of different kind to the carbon material called «biocoil». Peat was used as a raw material for experiments. It was found that calorific value, ash, moisture content, elemental composition of raw materials after hydrothermal carbonization had changed significantly. It was found that the calorific value of biochar obtained at 230 °C reaches the calorific value of coal and its hygroscopicity is 4 times less than initial peat.

УДК 631.4

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ В РАЙОНЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ГОРОДОВ СЕВЕРА (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА УХТА)

Е.Ю. Кряжева¹; Е.М. Лаптева²

¹ Ухтинский государственный технический университет,
Ухта, 169300, Российская Федерация, e-mail: eremina_83@mail.ru

² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, 167000,
Российская Федерация, e-mail: lapteva@ib.komisc

Промышленные города являются мощным источником химического загрязнения окружающей среды, при этом процессу трансформации подвергаются все ее компоненты. Водные объекты урбанизированных территорий и территорий, непосредственно примыкающих к ним, выполняют функцию своеобразных приемников всего комплекса антропогенных поллютантов, где возможна их активная миграция в сопредельные районы или накопление, в частности в донных отложениях. Учитывая экологическую и хозяйственную значимость природных пресных водоемов и формирующихся в них экосистем, можно утверждать, что проблема качественной оценки их состояния в настоящее время крайне актуальна.

Цель данной работы заключалась в оценке степени и характера загрязнения водных экосистем в районе промышленных городов Республики Коми на примере города Ухта.

Ухта – небольшой промышленный город Республики Коми известный на всю страну как родина первой российской нефти. Нефтяная отрасль составляет основу экономики Ухты и в наше время – Ухтинский нефтеперерабатывающий завод – один из самых первых НПЗ и самый северный в России – градообразующее производство. Первые нефтяные скважины (самая первая – в 1868 году) были пробурены на берегу одноименной реки Ухта и ее притоков, где еще в 16 веке были известны естественные выходы нефти.

Современная территория города располагается в междуречье реки Ухта и реки Чибью. Река Чибью – левый приток реки Ухта протяженностью около 20 км – протекает через всю городскую застройку и подвергается сильному антропогенному воздействию. В пределах города русло реки несколько раз искусственно изменяли, что сильно отразилось на ее режиме и гидрологических параметрах. Река Ухта протяженностью 199 км берет свое начало на возвышенностях Тиманского кряжа и впадает в реку Ижма несколько ниже по течению относительно другого промышленного города республики – Сосногорска – центра газоперерабатывающей отрасли Коми. Кроме этого, на берегах Ухты сформировались множество деревень и поселков, в частности, поселок Водный, известный радиевым промыслом на реке (1930-е годы). Также в Ухту впадает небольшая речка Ярега, на территории водосбора которой располагаются уникальные месторождения тяжелой нефти и титановых руд. Река Ижма (длина 531 км) также берет свое начало на возвышенностях Тимана и впадает в реку Печора в среднем течении. На берегах реки Ижма, кроме промышленного узла Ухты и Сосногорска, располагается большое количество деревень и сел, специализирующихся, в основном, на сельском хозяйстве. Все перечисленные реки являются рыбохозяйственными водоемами, за исключением реки Чибью, которая в виду сильной антропогенной преобразованности, утратила это ценное качество.

Для оценки загрязненности речных экосистем в окрестностях города Ухты в июле 2018 года были отобраны образцы воды и донных отложений из указанных гидрологических объектов. Пробы отбирали согласно ГОСТ [1,2], химический анализ образцов проводили в экоаналитической лаборатории Института биологии Коми

НЦ УрО РАН в соответствии с [3–10]. В пробах определяли содержание (массовую концентрацию в воде и массовую долю в донных отложениях) тяжелых металлов (Zn, Cd, Cu, Co, Ni, Fe, Mn, Cr, Mo, V, Sr, Pb, Hg, Ba), As, фенола и нефтепродуктов. Полученные данные по образцам воды сравнили с нормативами ПДК, установленными для рыбохозяйственных водоемов [11], по образцам донных отложений – с санитарно-гигиеническими нормативами, установленными для почв (песчаного механического состава) [12,13]. В качестве контрольных проб были отобраны вода и донные отложения в гидрологическом памятнике природы регионального значения – в реке Сюзью. Река Сюзью – левый приток реки Ижма протяженностью 100 км впадает в нее на 300-м км от устья.

Согласно полученным данным, вода в исследованных водных объектах характеризуется малым содержанием большинства исследованных тяжелых металлов (Zn, Cd, Co, Cr, Mo, V, Pb, Hg) и фенола – ниже предела обнаружения. Содержание Ni выше предела обнаружения только в трех образцах – в реке Ухта (городская застройка и промышленная зона НПЗ) и в реке Чибью, но эти значения ниже ПДК. Содержание Sr превышает ПДК (в 1,1–1,5 раза) и контроль в реке Ухта, как на территории города, так и выше по течению. В реке Чибью и в реке Ухта в месте ее впадения норматив не превышен. Концентрация бария в воде не превышает ПДК, но в некоторых точках немного превышает контроль – в реке Чибью и ниже ее впадения в реке Ухта. Содержание Fe превышает ПДК в реке Чибью и в реке Ухта в пределах города, а также в нескольких точках в реке Ижма и реке Сюзью, что связано, в большей степени, с природными особенностями рассматриваемой территории. Массовая концентрация Mn максимально превышена (более чем в 40 раз) относительно контроля в реке Чибью и реке Ижма выше промышленного узла, что может быть обусловлено, как природными, так и антропогенными факторами. Содержание Си превышает ПДК (максимально в 2 раза) в реке Чибью, в реке Ухта в пределах города и в реке Ижма на достаточно большом расстоянии вниз по течению от промзоны, что также может быть обусловлено комплексным действием факторов. Концентрация As в воде ниже ПДК и во многих точках – ниже предела обнаружения, выше – в некоторых точках в реке Ухта, как в городе, так и выше по течению, и в Ижме – выше и ниже промышленного узла. Содержание нефтепродуктов превышает норматив в двух точках в реке Ухта в пределах города, максимально – в 12 раз в промышленной зоне НПЗ.

Содержание загрязнителей в донных отложениях выше, чем в воде, что обусловлено эффектом их аккумуляции и концентрации. Так, ниже предела обнаружения – только содержание Mo (за исключением одной точки – в реке Ухта рядом с НПЗ) и Hg – в точках выше по течению от промышленных объектов или далеко ниже. Нормативы ОДК (для песчаных почв) установлены только для 6 элементов: Zn, Cd, Cu, Ni, Pb, As; и для 3 (Mn, Hg, V) – нормативы ПДК. Превышения отмечены для Zn и Cd максимально в 2 раза в районе промышленных объектов или ниже по течению в реках Ухта и Ижма. На уровне ПДК или немного выше (в 1,5 раза) в тех же точках – содержание Ni. Концентрация As на уровне норматива или выше (максимально – в 5 раз – промзона НПЗ) во всех образцах за исключением точек, соответствующих верхнему течению реки Ухта. Самое высокое значение по содержанию нефтепродуктов (выше допустимого уровня для почв [14]) отмечено в реке Ухта в районе НПЗ, близкое к нему значение также установлено в реке Ижма немного ниже по течению относительно промышленного узла и места впадения реки Ухта. Относительно контрольного образца наибольшее количество и степень превышения отмечены в этих же точках, а также еще ниже по течению в реке Ижма и в реке Ухта немного выше города в месте впадения безымянного ручья, стекающего с территории городской застройки. Обращает на себя внимание тот факт, что донные отложения в реке Чибью не являются загрязненными относительно контрольного образца, напротив,

они близки по содержанию основных компонентов, что может быть связано с отсутствием крупных промышленных объектов на территории селитебной зоны города, где течет река, либо с достаточно сильным течением в месте отбора пробы.

Таким образом, согласно полученным данным, можно сделать вывод, что содержание загрязнителей в водных объектах, сообщающихся с промышленными урбосистемами, связано с характером производственной деятельности и степенью близости к промышленным зонам, при этом особенно ярко эта зависимость проявляется при анализе химического состава донных отложений, тогда как химический состав воды, в большинстве своем, в равной степени зависит также и от действия природных факторов.

Список литературы:

1. ГОСТ 17.1.5.01-80 Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб донных отложений водных объектов для анализа на загрязненность.
2. ГОСТ 31861-2012 Вода. Общие требования к отбору проб.
3. ПНД Ф 14.1:2:4.135-98. Методика выполнения измерений массовой концентрации элементов в пробах питьевой, природных, сточных вод и атмосферных осадков методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой.
4. ПНД Ф 14.1:2:4.243-07. Определение массовой концентрации ртути в пробах природных, питьевых, поверхностных, морских и очищенных сточных вод.
5. ПНД Ф 14.1:2:4.128-98 Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации нефтепродуктов в пробах природных, питьевых, сточных вод флуориметрическим методом на анализаторе жидкости "Флюорат-02".
6. ФР.1.31.2016.22534. Воды. Методика измерений массовой концентрации фенола методом капиллярной газовой хроматографии.
7. ПНД Ф 16.1:2.3:3.11-98. Количественный химический анализ почв. Методика выполнения измерений содержания металлов в твердых объектах методом спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой.
8. ПНД Ф 16.1:2.23-2000. Определение содержания ртути в почве, донных отложениях и горных породах.
9. ПНД Ф 16.1:2.2.22-98. Количественный химический анализ почв. Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в минеральных, органоминеральных почвах и донных отложениях методом ИК-спектроскопии.
10. ФР.1.31.2016.23499. Почвы. Методика измерений массовой доли фенола методом капиллярной газовой хроматографии.
11. Приказ Минсельхоза России от 13.12.2016 N 552 "Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения".
12. ГН 2.1.7.2511-09. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве.
13. ГН 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве.
14. Пиковский Ю.И. Природные и техногенные потоки углеводородов в окружающей среде. Москва.: Изд-во МГУ, 1993. 209 с.

**POLLUTION OF AQUATIC ECOSYSTEMS IN THE AREA
INDUSTRIAL CITIES OF THE NORTH (ON THE EXAMPLE OF UKHTA CITY)**

Kryazheva E.Yu.¹, Lapteva E.M.²

¹*Ukhta State Technical University, Ukhta, 169300, Russian Federation,
e-mail: eremina_83@mail.ru*

²*Institute of Biology of Komi SC of the Ural Branch of the RAS,
Syktyvkar, 167000, Russian Federation, e-mail: lapteva@ib.komisc*

Abstract

The content of heavy metals, arsenic, phenol and petroleum products in water and bottom sediments in rivers near the industrial city of the Komi Republic with oil specialization was analyzed. It has been shown that the content of pollutants in water bodies communicating with industrial urban systems is associated with the nature of production activities and the degree of proximity to industrial zones, with this dependence being particularly pronounced when analyzing the chemical composition of bottom sediments, while the chemical composition of water, for the most part, equally depends on the action of natural factors.

УДК 550.8.01

ВОЗМОЖНОСТИ ИЗУЧЕНИЯ ПУТЕЙ МИГРАЦИИ ФЛЮИДА В ОСАДОЧНОМ ЧЕХЛЕ И ФУНДАМЕНТЕ СЕЙСМИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

А.М. Кузин

Институт проблем нефти и газа РАН (ИПНГ РАН)
Москва, 119991, Россия, e-mail: amkouzin@yandex.ru

В отличие от остальных геофизических методов сейсмический метод позволяет картировать разрывные нарушения в геосреде, изучать внутреннее строение зон разрывных нарушений, прогнозировать фазовый состав флюида. Различие каналов миграции по фазовому составу флюида определяет возможности их трассирования из фундамента в осадочный чехол. Особенно это необходимо при глубинных исследованиях. Для сейсмического метода исторически сложилось так, что главное внимание уделяется вещественному составу и структуре геосреды. На этом основано большинство сейсмических моделей ГСЗ (метод глубинного сейсмического зондирования). Данные сейсмологических наблюдений показали, что в сейсмической модели среды должна учитываться флюидная составляющая. К одной из первых публикаций по интерпретации данных ГСЗ относится монография [1], в которой латеральные и радиальные вариации в распределении значений V_p/V_s в разрезах ГСЗ соотнесены с зависимостью скорости поперечной волны (V_s) от флюида. В качестве обоснования такой интерпретации V_p/V_s приводятся результаты многоволновой сейморазведки на месторождениях углеводородов. Как известно, в залежах газа в ряде случаев отношение V_p/V_s соответствует отрицательным значениям коэффициента Пуассона.

Однако отображение различий в значениях сейсмических параметров от фазового состава флюида в работе [1] не рассматривалось, основным фактором считалась концентрация в породе SiO_2 .

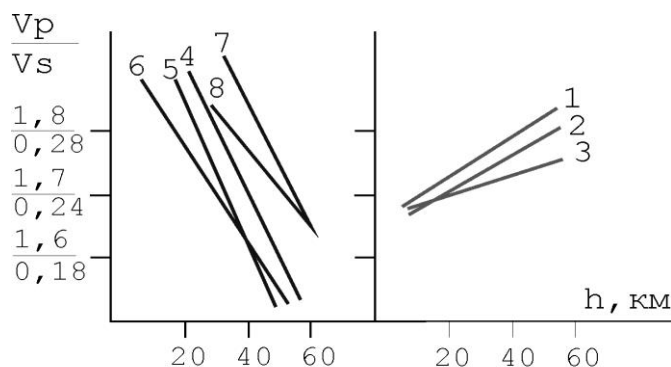


Рис. 1. Графики зависимости отношения средних скоростей продольных и поперечных волн V_{cp}/V_{cs} от мощности консолидированной коры, $K(h) = V_{cp}/V_{cs}$ [2].

Ранее в работе [2] было установлен факт тесная корреляция между возрастом платформ и типом зависимости $K(H) = V_{cp}/V_{cs}$ от мощности кристаллической коры (H): значения V_{cp}/V_{cs} (V_{cp} и V_{cs} средние значения V_p и V_s) в земной коре докембрийских платформ увеличиваются с ростом H (зависимости 1–3). Для эпипалеозойских плит (зависимости 4–6), герцинских и каледонских орогенных областей (7–8), отмечается обратное соотношение, но при равных значениях H отношения V_{cp}/V_{cs} существенно различны» [2]. Графики $K(H)$ для фанерозойских (1–2) и древних платформ (4–5–7) почти параллельны между собой (рис. 1). Причем «параллельность» для фанерозойских плит выражена более четко и, следовательно, между ними большее подобие $K(H)$ по сравнению с докембрийскими платформами. Обратный угол наклона

графиков 1–3 и 4–8 свидетельствуют о качественном преобразовании вещества нижней части земной коры.

Графики $K(H)$ для архейских и фанерозойских платформ отражают резкую смену процессов в образовании континентальной коры, без каких-либо отличительных структурных и петрологических особенностей. Единственным фактором, который может обеспечить такие условия смены зависимости может быть изменение флюидного режима, его фазового состава. Графики V_p/V_s показывает общую тенденцию преобразования консолидированной коры в сторону увеличения содержания воды, что согласуется с известными моделями эволюции коры [3]. По данным анализа результатов определения значений V_p , V_s при высоких давлениях [4] диапазон изменений V_p/V_s между сухими и водонасыщенными образцами лежит в интервале от 0 до 10%, тогда как даже по теоретически рассчитанной зависимости разность между основными и кислыми породами составляет не более 6% [5]. Многочисленные данные, полученные при бурении скважин в кристаллическом фундаменте, а также в горных выработках свидетельствуют о значительном содержании газов в породах консолидированной коры. К основным параметрам пористых и трещиноватых сред относятся: плотность пор и трещин, раскрытость трещин, проницаемость, флюидонасыщенность, фазовое состояние наполнителя, напряженное состояние. Данные сейсмических наблюдений – это мгновенный образ состояния среды. Наибольшее влияние на него оказывает флюид, потому что с флюидом связаны самые значительные изменения в параметрах и характеристиках сейсмического поля, особенно в зонах разрывных нарушений.

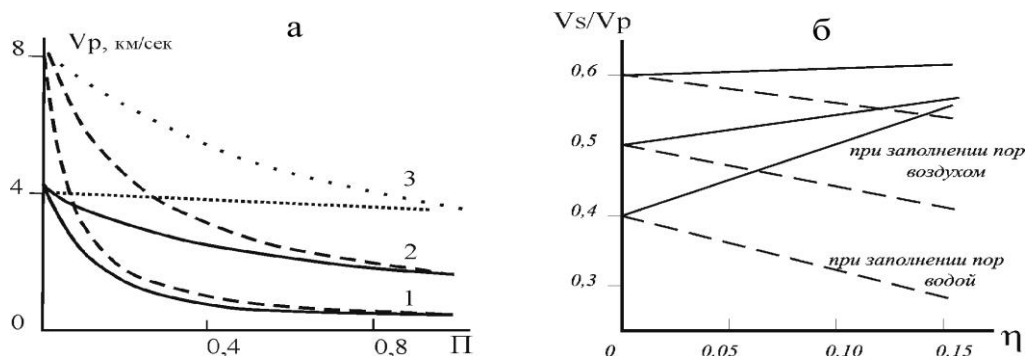


Рис. 2. а - Зависимость скорости продольных волн от пустотности при заполнении пор воздухом (1), водой (2) и льдом (3); б - Зависимость отношения скорости поперечных и продольных волн от пористости при заполнении пор воздухом (сплошная линия) и водой (пунктирная линия) для значений V_s/V_p в твердой фазе породы, равных 0,6; 0,5; 0,4 [6]

Значительные изменения скорости упругих волн в зависимости от фазового состава флюида позволяют на качественном уровне по данным сейсмических наблюдений делать прогнозную оценку преимущественного фазового наполнения, природных резервуаров, в частности разрывных зон. На рис. 2а соответственно приведены расчетные зависимости V_p от пустотности (пористости и трещиноватости) и V_s/V_p . Как видно из рис. 2а, с увеличением пустотности V_p падает, приближаясь в пределе к V_p в наполнителе пустот, при этом в газе падение скорости больше, чем в воде. Еще большее различие фазового состава флюида наблюдается на графиках для V_s/V_p (рис. 2б). Следовательно, параметр V_s/V_p совместно с V_s и V_p позволяют прогнозировать фазовый состав флюида по данным многоволновых наблюдений.

При анализе разрезов V_p/V_s в нефтеносных районах отмечается общая тенденция относительного преобладания повышенных значений V_p/V_s в верхней части консолидированной коры и незначительного уменьшения к ее средней части [7]. Следовательно, водонасыщенность верхней и средней частей консолидированной коры (глубины, на которых могут существовать открытые трещины) может оказывать более сильное влияние на параметр V_p/V_s , чем SiO_2 . Аномально низкие значе-

ния V_p/V_s , соответствующие отрицательным коэффициентам Пуассона, характеризуют трещинно-пористую среду с жесткими структурными связями.

В настоящее время присутствие значительной доли газов установлено для различных типов рудных месторождений. Среди газовых компонентов ведущую роль играет углекислота, обнаруженная в 90% флюидных включений минералов гидротермального генезиса. Результаты изучения газо-флюидных включений указывают на то, что рудная минерализация переносится преимущественно в составе газовой фазы. Сейсмический метод позволяет получать качественную и количественную информацию о упругих свойствах и их распределении в среде, этим обусловлена его ведущая роль в исследовании глубинного строения. Широкий диапазон длин волн дает возможность изучать самые разнообразные по своей природе и масштабу явления и процессы: объекты инженерной геологии, землетрясения, вулканизм (магматизм), поиски и разведку полезных ископаемых.

Практически все сейсмические границы являются рассеивающими. Рассеяние энергии упругой волны на шероховатой границе определяется в основном углом скольжения падающей волны по отношению к поверхности границы и отношением высоты выступа на поверхности к длине волны. Как показали эксперименты [8] на сухой границе происходит существенное отражение энергии с высоким уровнем амплитуд временных импульсов и, соответственно, их амплитудно-частотных спектров (рис. 3).

При смачивании границы амплитуды импульсов Р-волн исчезают. Следовательно, для Р-волн наличие влаги на границе нивелирует эффект рассеяния, способствует уменьшению затухания волны. Для S-волн коэффициенты отражения на смоченной границе раздела всегда больше, чем на сухой.

С позиции сейсмического метода геологическая среда состоит из «мягких» и «жестких» неоднородностей. Эти неоднородности могут быть распределены: (1) организовано; (2) частично или квазиорганизованно; (3) хаотично. Отсюда сейсмическая граница может быть определена как пространственно-организованное изменение параметров и характеристик волнового поля. Чем хаотичнее распределение неоднородностей, тем больше рассеяние сейсмических волн.

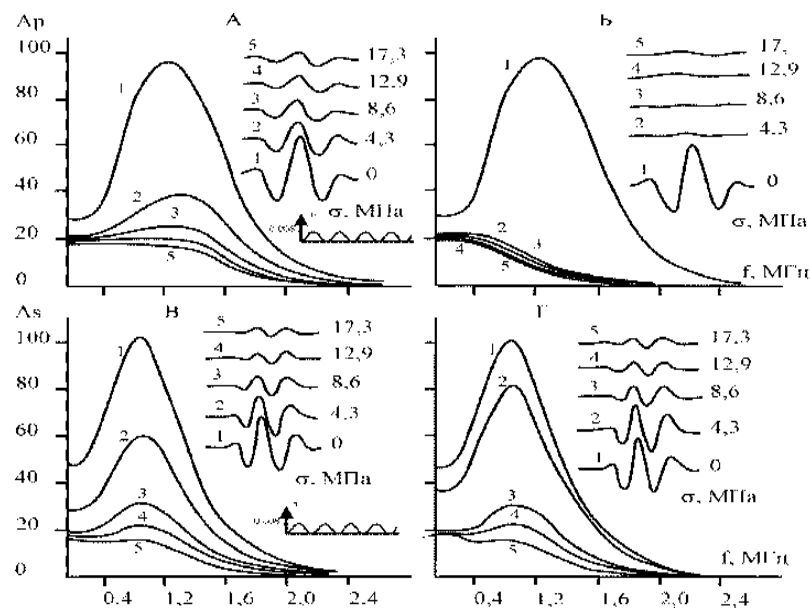


Рис. 3. Временные импульсы отраженных Р- и S-волн и их амплитудно-частотные спектры на границе раздела медь-медь шероховатостью $h = 0,008$ мм при разных давлениях А – на сухой границе; Б – на смоченной маслом границе [8].

Следующий рисунок (рис. 4) иллюстрирует различие интенсивности отраженных волн в зонах разрывных нарушений в случае вторжения газа и присутствия во-

ды. Интенсивность сейсмической записи в зоне разрывного нарушения при вторжении газа характеризуется значительным рассеянием. Для обводненного разрывного нарушения характерна относительно высокая интенсивность сейсмической записи и четкая корреляция отражений.

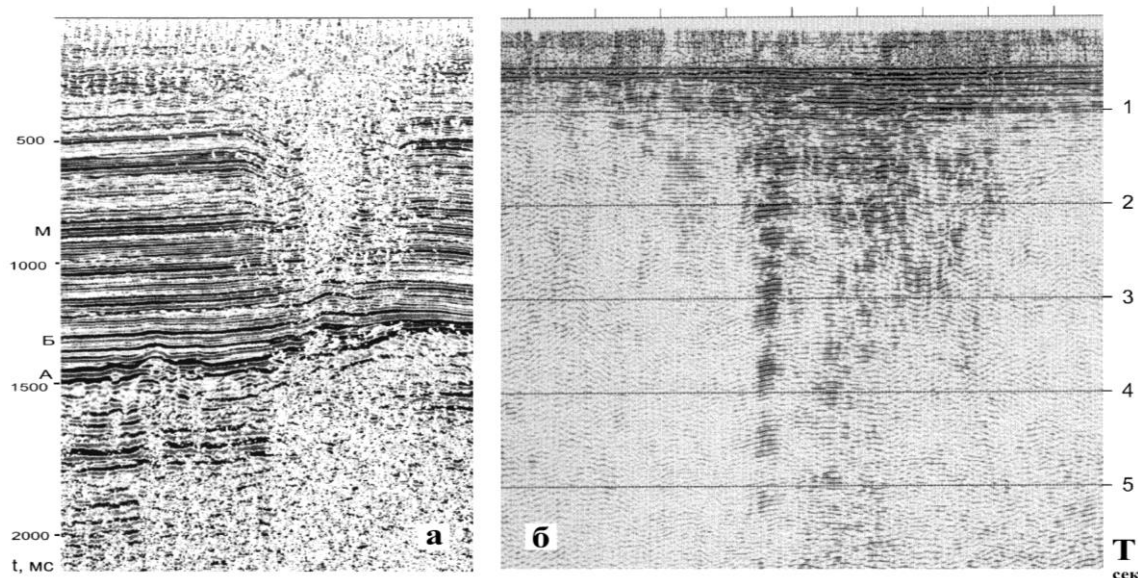


Рис. 4. а – Временной разрез. Типы возможных каналов вертикальной миграции флюидов. Западная Сибирь. Нефтегазоконденсатное месторождение. Динамически слабоинтенсивная аномалия сейсмической записи (по материалам С.Р. Бембея, 2011). б – Вертикальная область интенсивной записи. Фрагмент временного разреза геотраверса МОГТ «Татсейс».

Представленные в статье материалы позволяют сделать следующие выводы. Одним из основных факторов вариаций параметров и характеристик сейсмического поля является жидкая и газообразная фаза флюида, сейсмические границы и слои в гораздо большей мере связаны с соотношением фазового состава флюида и рассеивающими свойствами, чем с вещественным составом. Для прогноза вещественного состава необходимо использование других геофизических методов. Распределение скоростей упругих колебаний позволяет классифицировать геохимические аномалии. Аномально низкие значения скорости могут служить индикатором открытого канала миграции флюида.

Список литературы:

1. Булин Н.К., Егоркин А.В. Региональный прогноз нефтегазоносности недр по глубинным сейсмическим критериям // М, Центр ГЕОН, 2000, - 194 с.
2. Егоркин А.В. Многоволновые глубинные сейсмические исследования // Геофизика. 1996. № 4.- С. 25–30.
3. Макаренко Ф.А., Ильин В.А., Кононов В.И., Поляк Б.Г. Физическая модель подземной гидросферы // Междунар. Геол. Конгресс: Докл. Сов. Геологов. М.: Наука. 1972. Т. 11/13, симп. 1: Гидрогеология и инженерная геология. С. 15–24.
4. Воларович М.П., Томашевская И.С., Будников В.А. Механика горных пород при высоких давлениях. М.: Наука, 1979, - 152 с.
5. Алейников А.Л., Немзоров Н.И., Халевин Н.И. Роль поперечных волн в повышении эффективности рудной сейсморазведки // Сейсморазведка при поисках месторождений цветных металлов на Урале. Труды, из-во Геол. фонд РСФСР, М.: 1981. - С. 46–56.
6. Горяинов Н.Н., Ляховицкий Ф.М. Сейсмические методы в инженерной геологии. М.: Недра, 1979. - 143 с.
7. Кузин А.М. Пространственно-фазовая локализация месторождений углеводородов и отображение конвергентности процессов флюидизации в геологической

среде по сейсмическим данным / Дегазация Земли и генезис нефтяных месторождений. К 100-летию со дня рождения П.Н. Кропоткина. Сб. тр. М.: ГЕОС, Москва, 2011. - С. 276–301.

8. Ушаков Г.Д., Ушаков М.Г. Экспериментальное изучение рассеивания упругих волн на шероховатой границе раздела // Геология и геофизика. 1993. № 2. - С. 103–111.

POSSIBILITIES OF STUDYING FLUID MIGRATION IN A SEDIMENTARY COVER AND BASEMENT BY SEISMIC METHODS

A.M. Kouzin

Oil and Gas Research Institute RAS (OGRI RAS)

Moscow, 119991, Russia, e-mail: amkouzin@ya.ru

Abstract

When interpreting the data of the deep seismic sounding method, most models of the geological environment are based on the forecast of the material composition. However, a comparison of the dependence of the velocity of the longitudinal wave to the S-wave (V_p / V_s) both from the SiO_2 and the fluid content in the rock showed a stronger dependence of V_p / V_s on the fluid and its phase composition. It turned out that the seismic sections interpreted by the fluid model are more consistent with other geological and geophysical data. The results of physical modeling indicate that the main factor affecting the recording intensity is the fluid content. Thus, the forecast of the material composition according to the reflection method will be incorrect without estimation of the fluid content and the scattering effect during propagation of seismic waves.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАДИАЦИОННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА АГРОЭКОСИСТЕМ В ЗОНАХ ВОЗДЕЙСТВИЯ КУРСКОЙ И РОСТОВСКОЙ АЭС

В.К. Кузнецов, Н.И. Санжарова, А.В. Панов, Н.Н. Исамов
ФГБНУ ВНИИРАЭ, г. Обнинск, 249032, Россия, e-mail: vkuzn@yandex.ru

При работе АЭС в технологически штатном режиме влияние на человека и биоту оказывают как радиационные, так и нерадиационные факторы, при этом происходит поступление в окружающую среду некоторого строго контролируемого количества радионуклидов, которые включаются в пищевые цепочки миграции и формируют дополнительное к естественному фону облучение человека и живых организмов.

Сельскохозяйственная продукция, производимая в регионе размещения АЭС, во всех случаях является одним из основных источников поступления радионуклидов и химических веществ в организм населения, проживающего на территориях, прилегающих к атомным электростанциям. Это обуславливает особое внимание к аграрным экосистемам, как объекту воздействия на человека предприятий ядерной энергетики [1-2]. Учитывая, что в Российской Федерации в 30-км зонах влияния АЭС от 50 до 90% территории занимают сельскохозяйственные угодья, становится очевидной необходимость организации системы радиационно-экологического мониторинга аграрных экосистем в регионах размещения АЭС для обеспечения безопасного проживания населения и обеспечения его продуктами питания, соответствующими санитарно-гигиеническим нормативам.

Радиационно-экологический мониторинг в регионе размещения АЭС - это комплекс системных многолетних наблюдений за изменениями в окружающей среде, позволяющий выявить возможное влияние АЭС при нормальной эксплуатации и оценить текущий уровень ее экологической безопасности. Полученные в результате мониторинга данные должны быть достаточными для разработки управленческих решений по исключению либо снижению до уровня, определенного нормативными документами, возможного негативного влияния АЭС на человека и окружающую среду. В соответствии с [3] радиационно-экологический мониторинг в рамках инженерно-экологических изысканий на стадии разработки проектной документации и строительства необходимо проводить в пределах выбранной площадки размещения АЭС и в зоне наблюдения радиусом 30 км.

Основной целью радиационно-экологического мониторинга является обеспечение радиационной безопасности населения и требований нормативов, регламентирующих качество окружающей среды, а также выявление тенденций изменения радиационно-экологической обстановки в регионе размещения АЭС в процессе ее эксплуатации.

При проведении радиационно-экологического мониторинга сельскохозяйственных угодий в районах расположения Курской и Ростовской АЭС использовались методы отбора, анализа и измерения проб, определенные в ведомственных, общегосударственных нормативных и методических документах и утвержденных в установленном порядке [1-5].

В соответствии с регламентом мониторинга проводилось определение следующих параметров радиационно-экологической обстановки на сельскохозяйственных угодьях в 30-км зоне наблюдения АЭС:

- агрохимические свойства почв;
- измерение мощности эквивалентной γ - дозы внешнего излучения;
- содержание естественных и техногенных радионуклидов (^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{232}Th ,

^{226}Ra , ^{40}K , ^7Be) в почвах, продукции растениеводства и животноводства;

- содержание химических элементов (в том числе тяжелых металлов) в почвах сельскохозяйственных угодий и в растительности (Co, Mo, Pb, Fe, Mn, Ni, Cu, Zn, Cd, Cr, Sr).

Исследования, проведенные в течение 2001-2016 гг., показали, что содержание радионуклидов в почвах зон наблюдения Курской и Ростовской АЭС характеризуется невысокой вариабельностью. Мощности эквивалентных доз на сельскохозяйственных угодьях находятся в диапазоне фоновых значений 0,08-0,14 мкЗв/ч. Плотность загрязнения сельскохозяйственных угодий ^{90}Sr колеблется в пределах от 0,47 до 1,74 кБк/м², а ^{137}Cs – от 2,7 до 9,7 кБк/м² для Курской АЭС и, соответственно, от 0,36 до 2,57 по ^{90}Sr и от 2,25 до 4,55 кБк/м² по ^{137}Cs – для Ростовской АЭС.

Различия в накоплении радионуклидов для одной и той же культуры в разные годы наблюдений достигали 1,5 раз, что обусловлено влиянием почвенных, погодных условий, а также разными дозами внесения агрохимикатов под культуры (табл. 1). Дополнительно отобранные пробы почв и овощных культур на частных подворьях и садовых участках позволили установить, что минимальными коэффициентами перехода (КП) радионуклидов характеризуются овощные культуры, а максимальными – многолетние травы. Различия в КП между этими видами культур достигают 50 раз, а в среднем составляют 10-20 раз. Следует отметить, что переход ^{90}Sr из почв в сельскохозяйственные культуры в среднем в 2-5 раз выше по сравнению с ^{137}Cs .

Таблица 1

Коэффициенты перехода ^{90}Sr и ^{137}Cs из почвы в основные сельскохозяйственные культуры в регионах размещения Курской и Ростовской АЭС (по данным мониторинга 2001-2016 гг.), (Бк/кг)/(кБк/м²)

Культура	^{90}Sr		^{137}Cs	
	Мин.	Макс.	Мин.	Макс.
<i>30-км зона наблюдения Курской АЭС</i>				
Естественные травы	3,5	5,3	0,75	1,1
Кукуруза	1,1	1,7	0,25	0,35
<i>30-км зона наблюдения Ростовской АЭС</i>				
Многолетние сеяные травы	0,75	1,91	0,29	0,78
Естественные травы	0,81	2,2	0,28	0,86
Озимая пшеница, зерно	0,37	1,0	0,36	0,74
Ячмень, зерно	0,11	0,62	0,1	0,27
Картофель*	0,06	0,17	0,06	0,2
Томаты*	0,04	0,13	0,008	0,07
Капуста*	0,06	0,25	0,03	0,08

* - данные по овощам представлены на сырой вес, остальные – на воздушно сухой

За весь период мониторинговых наблюдений ни в одной из проб не было обнаружено превышения нормативов СанПин 2.3.2.1078-01 и СанПиН 2.3.2.2650-10 по содержанию радионуклидов. За счет потребления продуктов питания, производящихся в 30-км зонах наблюдения, в рацион питания местного населения поступает около 63 Бк/год ^{90}Sr и 195 Бк/год ^{137}Cs в зоне наблюдения Курской АЭС и, соответственно, 133 и 184 Бк/год для прилегающей территории Ростовской АЭС, что почти в 400 раз по ^{137}Cs и в 10-20 раз по ^{90}Sr ниже предела годового поступления (ПГП), установленного НРБ-99/2009 (табл. 2). При этом ожидаемая эффективная доза внутреннего облучения, обусловленная поступлением в организм ^{137}Cs и ^{90}Sr , за год составляет 2,5 и 5,0 мкЗв, соответственно для Курской АЭС и 2,4-10,6 мкЗв/год для Ростовской АЭС. Основной вклад в формирование дозы внутреннего облучения

населения от сельскохозяйственных продуктов, содержащих ^{137}Cs , вносят молоко (от 27,7 до 46,2%), мясо (от 17,1 до 28,7%), картофель и овощи (от 14,2 до 31,4%), а содержащих ^{90}Sr – молоко (3,8-13,5%), продукты растениеводства – до 75,8%.

Таблица 2

Среднегодовое поступление ^{90}Sr и ^{137}Cs с местными продуктами питания в рацион питания населения, проживающего в регионах размещения Курской и Ростовской АЭС (по данным мониторинга 2001-2016 гг.)

Компоненты рациона питания населения	Поступление радионуклидов, Бк/год			
	Курская АЭС		Ростовская АЭС	
	^{90}Sr	^{137}Cs	^{90}Sr	^{137}Cs
Мясо (говядина)	0,5	56	0,3	31,5
Мясо (птица)	0,02	3,4	0,02	3,4
Молоко	8,5	90,3	5,0	51,0
Яйцо	0,004	0,04	0,004	0,04
Рыба	6,0	4,1	6,5	4,9
Картофель	15,5	8,0	22,4	42,0
Капуста	5,5	6,0	7,9	6,6
Огурцы, помидоры	8,5	7,3	23,1	9,24
Лук репка и зелень	2,2	3,0	-	-
Морковь, свекла	4,1	3,5	-	-
Хлеб	16,3	13,0	32,5	9,1
Крупа	-	-	35,0	26,2
Всего	67,1 (0,52% от ПГП)	195,0 (0,25% от ПГП)	132,7 (1,02% от ПГП)	184,0 (0,24% от ПГП)
ПГП с пищей	13000	77000	13000	77000

Уровни содержания радионуклидов в сельскохозяйственной продукции обусловлены радионуклидами, как глобального происхождения, так и выбросами атомной электростанции. Выявление возможного вклада выбросов АЭС на фоне глобальных выпадений является сложной методической задачей из-за чрезвычайно низких концентраций радионуклидов, которые могут поступать в окружающую среду за счет эксплуатации АЭС. Вместе с тем в настоящее время разработаны методы и модели для оценки последствий радиоактивного загрязнения окружающей среды.

При расчете поступления ^{137}Cs в сельскохозяйственную продукцию с использованием общей модели влияния выбросов и сбросов предприятий ядерного топливного цикла на поступление радионуклидов в продукты питания населения, рекомендованной к использованию МАГАТЭ [7], было установлено, что при функционировании Ростовской АЭС в штатном режиме уровни содержания ^{137}Cs стационарного происхождения в сельскохозяйственной продукции на 2-3 порядка ниже по сравнению с глобальными выпадениями. Вклад нормализованных выбросов станции в суммарное поступление ^{137}Cs в продукцию растениеводства и животноводства составляет 0,013-2,9% и через 30 лет функционирования АЭС увеличится до 0,029-5,9% (табл. 3).

Динамика изменения валового содержания тяжелых металлов в почвах зон наблюдения Курской и Ростовской АЭС по годам исследования имеет низкую вариабельность, находится в пределах фоновых значений и во всех случаях не превышает ПДК. При этом накопление тяжелых металлов в урожае сельскохозяйственных культур зависит не только от их содержания в почве, но и от видовых особенностей растений. Наиболее высокие концентрации химических элементов были обнаружены в

кормовых культурах (естественные и сеяные травы), а минимальные концентрации зарегистрированы в овощах. При этом во всех случаях не отмечено превышения санитарно-гигиенических нормативов для продуктов питания.

Таблица 3

Сравнительная оценка поступления ^{137}Cs в сельскохозяйственную продукцию от различных источников

Культура	Источник ^{137}Cs					
	глобальные выпадения		нормализованные выбросы Ростовской АЭС			
	Бк/кг		Бк/кг		% от глобальных выпадений	
	2001 г.	2031 г.	2001 г.	2031 г.	2001 г.	2031 г.
Пшеница озимая	0,55	0,18	$1,0 \cdot 10^{-3}$	$1,1 \cdot 10^{-3}$	0,18	0,61
Картофель	0,35	0,20	$0,45 \cdot 10^{-4}$	$0,57 \cdot 10^{-4}$	0,013	0,029
Молоко	0,5	0,2	$1,1 \cdot 10^{-3}$	$1,1 \cdot 10^{-3}$	0,22	0,55
Мясо	0,16	0,08	$4,6 \cdot 10^{-3}$	$4,7 \cdot 10^{-3}$	2,9	5,9

Результаты мониторинговых исследований позволяют сделать вывод о том, что эксплуатация Курской и Ростовской АЭС в штатном режиме не ведет к ухудшению радиационно-экологической обстановки в регионах размещения данных атомных электростанций. При этом дозовые нагрузки на местное население за счет потребления им сельскохозяйственных продуктов, производящихся на сельскохозяйственных угодьях в 30-км зоне наблюдения, не превышают установленных нормативных значений.

Полученные результаты подтверждаются материалами федеральных и областных министерств, организаций и учреждений, участвующих в проведении радиационного и социально-гигиенического мониторингов [8-10]. По данным ФБУЗ Центров гигиены и эпидемиологии в Курской и Ростовской областях за период наблюдения с 2011 по 2017 годы, превышений гигиенических нормативов содержания ^{137}Cs и ^{90}Sr в пищевых продуктах питания местного производства не обнаружено [9-10].

Непрерывный мониторинг радиационно-гигиенической обстановки организациями различных ведомств в зонах наблюдения Курской и Ростовской АЭС показывает варьирование мощностей экспозиционных доз, не превышающих 0,08-0,14 мкЗв/ч, (при норме до 0,3 мкЗв/час, установленной «Основными санитарными правилами обеспечения радиационной безопасности» (ОСПОРБ-99/2010) [9- 12]. Вместе с тем следует отметить, что вопросы оценки радиационно-экологической обстановки в регионах размещения радиационно-опасных объектов не могут быть решены только применением методов дистанционного мониторинга и требуют обязательного наземного обследования, что в целом способствует комплексному и всестороннему анализу и объективному прогнозу на основании которого принимаются решения по оздоровлению экологической обстановки на территориях, прилегающих к АЭС, в том числе и в сфере сельскохозяйственного производства.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (грант №18-19-00016).

Список литературы:

1. Организация государственного радиэкологического мониторинга агроэкосистем в зоне воздействия радиационно-опасных объектов //Методические указания МУ-13.5.13-00. (утв. Минсельхозом РФ 7 августа 2000 г.). – М., 2000. – 28 с.
2. Методы организации и ведения агроэкологического мониторинга сельскохозяйственных угодий в зонах техногенного загрязнения и оценка экологической обстановки в сельском хозяйстве в регионах размещения атомных электростанций

- и аварии на ЧАЭС / Под ред. Н.И. Санжаровой.– Обнинск: ВНИИСХРАЭ, 2010.– 276 с.
3. Инженерные изыскания для размещения, проектирования и строительства АЭС //Свод правил СП 151.13330.2012Ч. II Инженерные изыскания для разработки проектной и рабочей документации и сопровождения строительства. – М., 2013–155 с.
 4. Методические указания по проведению локального мониторинга на реперных участках. // Методические указания. – М.: ЦИНАО, 1996. – 16 с.
 5. Санитарные правила проектирования и эксплуатации атомных станций. СанПиН 2.6.1.24-03. 2003 (утв. постановлением Минздрава РФ от 28 апреля 2003 г. № 69).
 6. Данные по радиоактивному загрязнению территории населенных пунктов Российской Федерации цезием - 137, стронцием – 90 и плутонием - 239+240. 2015 /Под редакцией С.М. Вакуловского. – Обнинск: ФГБУ «НПО «Тайфун», 2016.–225 с.
 7. Generic Models for Use in Assessing the Impact of Discharges of Radioactive Substances to the Environment. Safety Rep. Ser. N19. – Vienna: IAEA, 2001. – 216 p.
 8. Доклад «О состоянии и охране окружающей среды на территории Курской области в 2015 году». – Курск: Администрация Курской области, 2016. – 126 с.
 9. Доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения Ростовской области в 2017 г. – Ростов на Дону: Администрация Ростовской области, 2018. –197 с.
 10. Материалы государственного доклада «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Курской области в 2015 году». – Курск: Администрация Курской области, 2016. – 280 с.
 11. Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств. – Обнинск: ФГБУ «НПО «Тайфун», 2014. – 367 с.
 12. Кузнецов В.К. Результаты радиоэкологического мониторинга агроэкосистем в районе расположения Курской АЭС /В.К. Кузнецов, Н.Н. Исамов, Е.В. Сидорова, И.В. Гешель, Н.В. Андреева, А.И. Санжаров //Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – 2018. – Т. XXIX. – №1. – С. 73-88.

THE RESULTS OF RADIOECOLOGICAL MONITORING AGROECOSYSTEMS IN THE VICINITY OF KURSK AND ROSTOV NPP

V.K. Kuznetsov, N.I. Sanzharova, A.V. Panov, N.N. Isamov

Russia Institute of Radiology and Agroecology, Obninsk, 249032, Russia,

e-mail: vkuzn@yandex.ru

Abstract

The results of radioecological monitoring of agricultural ecosystems in the impact zones of the Kursk and Rostov NPPs are presented. The approaches to the creation of a monitoring network, taking into account the peculiarities of the regions of the NPPs' location (landscape, soil, economic), are demonstrated. It is shown that the contamination density of agricultural lands by ^{90}Sr varies in the range of 0.47-1.74 kBq/m², and by ^{137}Cs - 2.7-9.7 kBq/m² for Kursk NPP and, for Rostov NPP it is 0.36-2.57 kBq/m² by ^{90}Sr and 2.25-4.55 kBq/m² by ^{137}Cs . Over the entire period of monitoring observations, none of the samples of agricultural products appeared to have an excess of sanitary and hygienic standards for the content of radionuclides. Due to the consumption of food produced in 30-km observation zones, about 63 Bq/a of ^{90}Sr and 195 Bq/a of ^{137}Cs in the Kursk NPP observation zone and, respectively, 133 and 184 Bq/a in the vicinity of Rostov NPP enter the diet of the local population, which is almost 400 times for ^{137}Cs and 10-20 times for ^{90}Sr below the annual ingestion limit. Differences in the accumulation of radionuclides for the same crop in different years of observation come up to 1.5 times, due to the influence of soil and weather conditions, as well as different doses of ameliorants application.

ЛОГИКО - ВЕРОЯТНОСТНАЯ МОДЕЛЬ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЭЛЕКТРОТРАВМЫ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ КОНТАКТНОЙ СЕТИ

К.Б. Кузнецов, А.А. Пазуха

*ФГБОУ ВО Уральский государственный университет путей сообщения
(УрГУПС), г. Екатеринбург, 620034, Россия,
e-mail: aapazukha@gmail.com*

Опыт работы при эксплуатации и ремонте контактной сети показывает, что промышленные переносные защитные заземляющие устройства УЗП-ЗМ и УЗП-ЗПМ с точки зрения осуществления безопасности имеют ряд существенных недостатков. Например, конструкция защитного устройства не предусматривает контроля за процессом завешивания, снятия и состоянием контакта переносного защитного заземляющего устройства с контактной подвеской. Для решения данной проблемы [1] разработаны автоматизированные системы контроля процесса завешивания, снятия и состоянием контакта переносного защитного заземляющего устройства [2,3].

Оценить степень влияния на безопасность эксплуатации и ремонта контактной сети эффективность автоматизированных контролирующих устройств достаточно сложно и необходима достаточно длительная практика накопления объема полезной информации.

Актуальной задачей является поиск методов для решения указанной задачи. Метод логико - вероятностного моделирования позволяет оценить эффективность электрозащитных средств, отразить состояние электрооборудования в момент несчастного случая, учесть действия работника, которые могут привести к электрической травме.

Логико - вероятностное моделирование применялось в работах [4-6] и многих других, предлагается применить эту модель к анализу событий при эксплуатации и ремонте контактной сети.

Для построения базовой структурной схемы логико - вероятностной модели воспользуемся [7]. На рис.1 представлена базовая структурная схема логико - вероятностной модели возникновения электрической травмы при эксплуатации контактной сети.

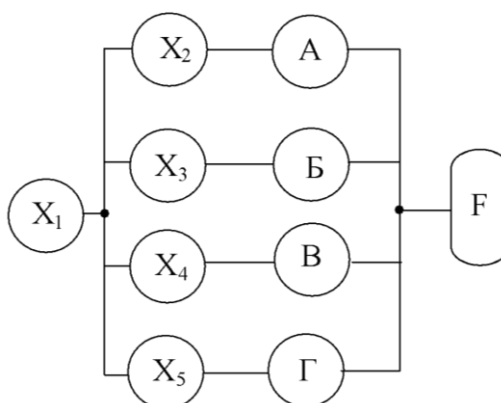


Рис. 1. Базовая структурная схема логико-вероятностной модели возникновения электрической травмы при эксплуатации контактной сети

На структурной схеме логико-вероятностной модели возникновения электрической травмы при эксплуатации контактной сети представлены основные виды работ:
X₁ – эксплуатация контактной сети (в целом),
X₂ – работа со снятием напряжения и заземлением,

X₃ – работа под напряжением,
 X₄ – работа вблизи частей, находящихся под напряжением,
 X₅ – работа вдали частей, находящихся под напряжением,
 А, Б, В, Г – группы свойственных данному виду работ событий, которые могут привести к электротравме (событию F).

На основании [1,8] представим структурную схему логико - вероятностной модели возникновения электрической травмы при эксплуатации контактной сети на рис.2, расшифровка включенных в нее событий – таблице 1.

Разработанные автоматизированные системы контроля [2,3] позволяют повысить возможности и роль производителя работ, энергодиспетчера. Например, устройство [2] позволит автоматически осуществлять контроль за процессом завершения, наблюдения и снятия переносной заземляющей штанги с фиксированием условий работы, а устройство [3] обеспечит автоматический удаленный контроль энергодиспетчерским аппаратом процесса использования переносного заземляющего устройства (и штанг для переноса и выравнивания потенциала) и за местонахождением бригады при производстве работ с точностью до 5 метров в режиме реального времени.

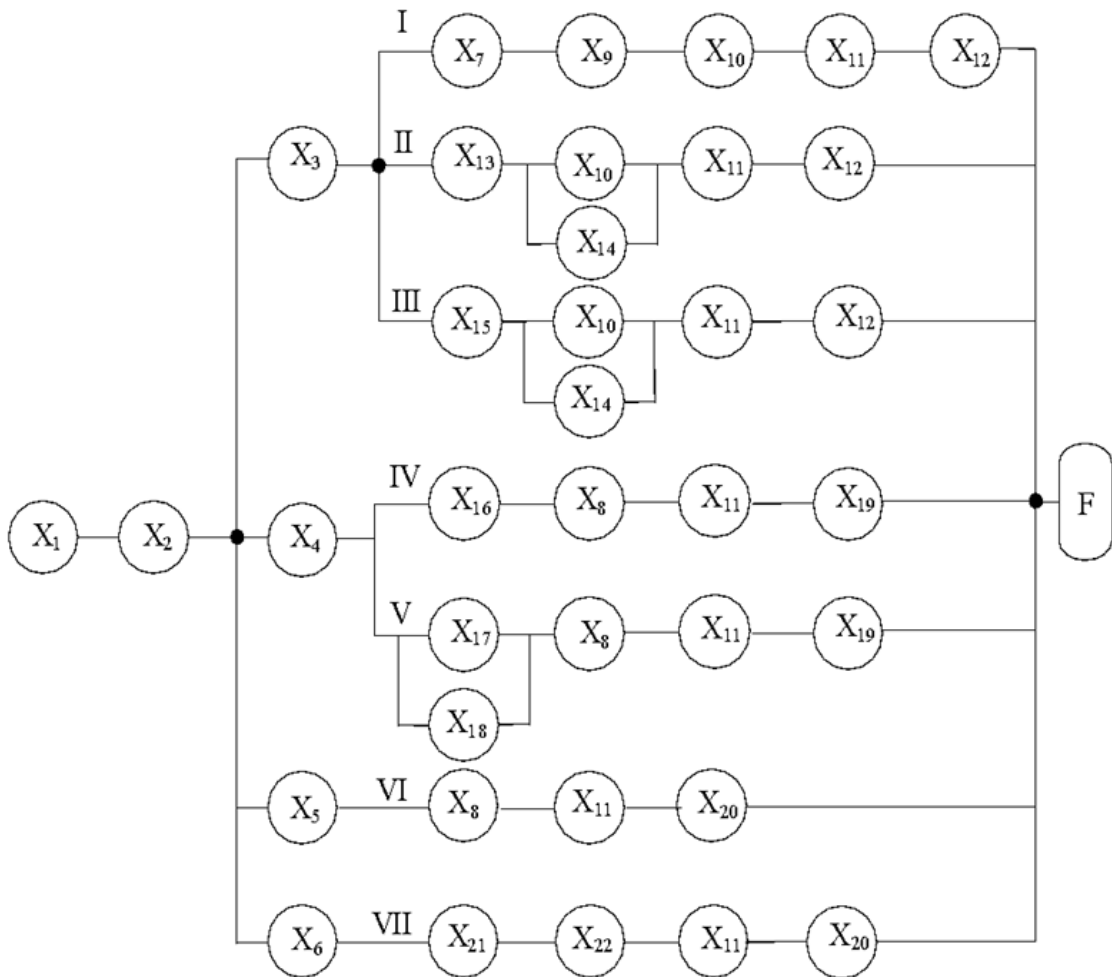


Рис. 2 Структурная схема логико-вероятностной модели возникновения электрической травмы при эксплуатации контактной сети

Логическая модель, отражает получение электротравмы работником, имеет вид [9]:

$$F = X_2 \vee X_3 \vee (X_7 \wedge X_9 \wedge X_{10} \wedge X_{11} \wedge X_{12}) \vee (X_{13} \vee X_{10} \vee X_{14} \vee X_{11} \wedge X_{12}) \vee (X_{15} \vee X_{10} \vee X_{14} \vee X_{11} \wedge X_{12}) \vee X_4 \vee (X_{16} \wedge X_8 \wedge X_{11} \wedge X_{19}) \vee (X_{17} \vee X_{18} \vee (X_8 \wedge X_{11} \wedge X_{19})) \vee (X_5 \wedge X_8 \wedge X_{11} \wedge X_{20}) \vee (X_6 \wedge X_{21} \wedge X_{22} \wedge X_{11} \wedge X_{20}) \quad (1)$$

$$P(\prod_{i=1}^n S_i) = \prod_{i=1}^n P(S_i) \quad (2)$$

Таблица 1

Элементы логико-вероятностной модели возникновения электрической травмы при эксплуатации и ремонте контактной сети

Группы событий	Обозначения	Содержание события
Событие, связанное с эксплуатацией и ремонтом устройств электроснабжения контактной сети	X ₁	Эксплуатация и ремонт устройств контактной сети
	X ₃	Выполнение работ со снятием напряжения и заземлением
	X ₄	Выполнение работ под напряжением
	X ₅	Выполнение работ вблизи токоведущих частей
	X ₆	Выполнение работ вдали токоведущих частей
	События, связанные с получением электрической травмы	X ₂
X ₇		Недостаточное количество отключений
X ₈		Не применение электрозащитных средств
X ₉		Не применение переносных устройств заземления
X ₁₀		Ошибочная подача напряжения
X ₁₁		Не применение специальной одежды
X ₁₂		Прикосновение к токоведущим частям
X ₁₃		Недостаточное количество переносных устройств заземления
X ₁₄		Наведенное напряжение при работе на контактной сети переменного тока
X ₁₅		Нарушение порядка завешивания и снятия переносных устройств заземления
X ₁₆		Расширение места работы
X ₁₇		Не использование шунтирующих штанг
X ₁₈		Не снятие шунтирующей штанги
X ₁₉		Прикосновение к разно потенциальным элементам
X ₂₀		Прикосновение к заведомо находящимся частям под напряжением
X ₂₁		Не применение шунтирующих перемычек
X ₂₂	Несоблюдение допустимого расстояния до токоведущих частей	
Конечное событие	F	Получение электрической травмы при эксплуатации и ремонте контактной сети

Элементы схемы соединяются последовательно (логический знак «И») определяется по теореме умножения вероятностей независимых событий [9,10]:

Для определения общей вероятности группы событий, расположенных в схеме параллельно (логический знак «ИЛИ»), используется теорема сложения вероятностей несовместных событий [9,10]:

$$P(\sum_{i=1}^n S_i) = \sum_i P(S_i) - \sum_{i,j} P(S_i S_j) + \sum_{i,j,k} P(S_i S_j S_k) + \dots + (-1)^{n-1} P(S_1 S_2 \dots S_n) \quad (3)$$

При этом каждая пара элементов схемы, соединенных параллельно и имеющих вероятности p_i и p_j , заменяется одним элементом с вероятностью $1-(1-p_i)(1-p_j)$ [10].

Последовательное применение правил редукции (уменьшения числа элементов) позволяет определить вероятность возникновения конечного события [11].

В соответствии с логико - вероятностной моделью (рис.2) вероятность получения электротравмы рассчитывается по формуле

$$P_1(F) = (1-p_2)(1-(1-p_3)(1-(1-p_7 p_9 p_{10} p_{11} p_{12})(1-p_{13})(1-(1-p_{10})(1-p_{14})) p_{11} p_{12}(1-p_{15})(1-(1-p_{10})(1-p_{14})) p_{11} p_{12})(1-p_4)(1-(1-p_{16} p_8 p_{11} p_{19})(1-(1-p_{17})(1-p_{18}) p_8 p_{11} p_{19})) (1-p_5 p_8 p_{11} p_{20})(1-p_6 p_{21} p_{22} p_{11} p_{20})) \quad (4)$$

С помощью логико-вероятностной модели, возможно, определить влияние электрозащитных средств и методик их применения на вероятность возникновения электрической травмы, оценить эффективность автоматизированных систем контроля [2,3].

Перспективным путем повышения электробезопасности работников и снижение вероятности электротравмы является применение защитных устройств [2,3]. Данные устройства могут быть применены на штангах для переноса и выравнивания потенциала при работе под напряжением с применением съемной изолирующей вышки.

Для определения численного значения вероятности исследуемого события, возможно, применять метод экспертных оценок, дополненный математическим аппаратом теории нечетных множеств [12].

В результате изученных материалов и расчетов с помощью теории нечетных множеств установлено, что вероятность возникновения электрической травмы при применении автоматизированных систем контроля [2,3] снижается в 12 раз.

Список литературы:

1. Кузнецов К.Б., Пазуха А.А. Обеспечение функциональной надежности заземляющих штанг и шунтирующих перемычек контактной сети // Вестник УрГУПС. – №3(39). – 2018. – С. 98- 105
2. Пат. 2672041 Российская Федерация, МПК G01R19/155 Переносная заземляющая штанга / Кузнецов К.Б., Пазуха А.А.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «УрГУПС». - №2017138888; заявл. 08.11.2017; опубл. 08.11.2018, Бил. № 31. – 10 с.: ил.
3. Заявка 2019107627 РФ, МПКВ60M1/28. Переносное заземляющее устройство / Кузнецов К.Б., Пазуха А.А.; заявитель УрГУПС; заявл. 18.03.2019.
4. Красных А.А., Морозов А.С., Хлебников В.А. Логико-вероятностная модель возникновения травмоопасных ситуаций при эксплуатации воздушных линий электропередачи напряжением 6-35кВ // Электробезопасность. - 2003. - №2-3. - С.62-69.
5. Щуцкий В.И., Сидоров А.И., Ситчихин Ю.В., Бендяк Н.А. Электробезопасность на открытых горных работах. - М.: Недра. - 1996. - 267с.
6. Краинская И.С. Организационно – системные методы повышения уровня электробезопасности на открытых горных работах.: Дис. канд. техн. наук. - Челябинск, НТЦ-НИИОГР, - 1997. - 152с.
7. Инструкция по безопасности для электромонтеров контактной сети []: утв. распоряжением ОАО "РЖД" от 16.12.2010 № 104. - Екатеринбург: Урал Юр Издат, [2017]. - 246 с.
8. Анализ случаев травматизма со смертельным исходом в хозяйстве электрификации и электроснабжения ОАО «РЖД» за период 1969-2012гг. / Р.А. Хорошевский [и др.] – М.: Техинформ, 2013. – 118 с.
9. Кузнецов К.Б. Основы электробезопасности в электроустановках: учебное пособие /К.Б. Кузнецов. - М.: ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2017 - 495 с.

10. Колосюк В.П. Защитное отключение рудничных электроустановок. - М.: Недра. - 1980. - 334с.
11. Коваленко И.Н. Вероятностный расчет и оптимизация. - Киев: Наукова думка. - 1989. - 192с.
12. Скофенко А.В. О построении функции принадлежности нечетких множеств, соответствующих количественным экспертным оценкам. / Наукоеведение и информатика. – Киев: Наукова думка. - 1981. - Вып. 22. - С.70-79.

LOGICAL PROBABILITY MODEL OF OCCURRENCE OF ELECTRICAL INQUIRY DURING USAGE OF THE ELECTRIC CONTACT NETWORK

K.B. Kuznetsov, A.A. Pazukha

*Ural state university of railway transport; Ekaterinburg, 620034, Russia,
e-mail: aapazukha@gmail.com*

Abstract

We have developed a logical probability model to assess efficiency of the developed electrical safety devices. [2,3]. The model shows that the probability of injury during the usage of the electric contact network is the same as statistical data for the last years [1].

ПРЕДМЕТЫ АНТРОПОГЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ В ТРАЛОВЫХ УЛОВАХ НА ШЕЛЬФЕ ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫХ МОРЕЙ

В.Н. Кулепанов^{1,2}, Е.Н. Дробязин¹

¹Тихоокеанский филиал ФГБНУ «ВНИРО» (ТИНРО),
Владивосток, Россия, e-mail: kulepanovvn@mail.ru

²Морской государственный университет им. адм. Г.И. Невельского,
Владивосток, Россия

Прибрежные зоны морей подвергаются постоянному антропогенному воздействию. Один из компонентов этого воздействия антропогенный мусор, попадающий на дно. Активная работа транспорта и рыболовство приводят к постепенному увеличению твердого бытового мусора на шельфе. Особое внимание уделяется изучению плавающего мусора [1, 2]. Антропогенные предметы, упавшие на дно, привлекают к себе меньшее внимание, хотя их воздействие на морские экосистемы значительно. В настоящее время важна оценка объемов и распространения антропогенного мусора в бентали.

В 2017 г. проведена съемка в западной части Берингова моря, сделано 253 станции (рис. 1). В 2018 г. проведена съемка в Японском море, и на шельфе южных Курил, выполнено 413 траловых станций (рис. 2). Цель этих траловых съемок – сбор информации о запасах и распределении промысловых беспозвоночных и рыб. Но, помимо данных о видовом и количественном составе гидробионтов, на каждой траловой станции оценивалось наличие антропогенного мусора и его состав. Методика проведения съемок и принцип классификации мусора описаны ранее [3].

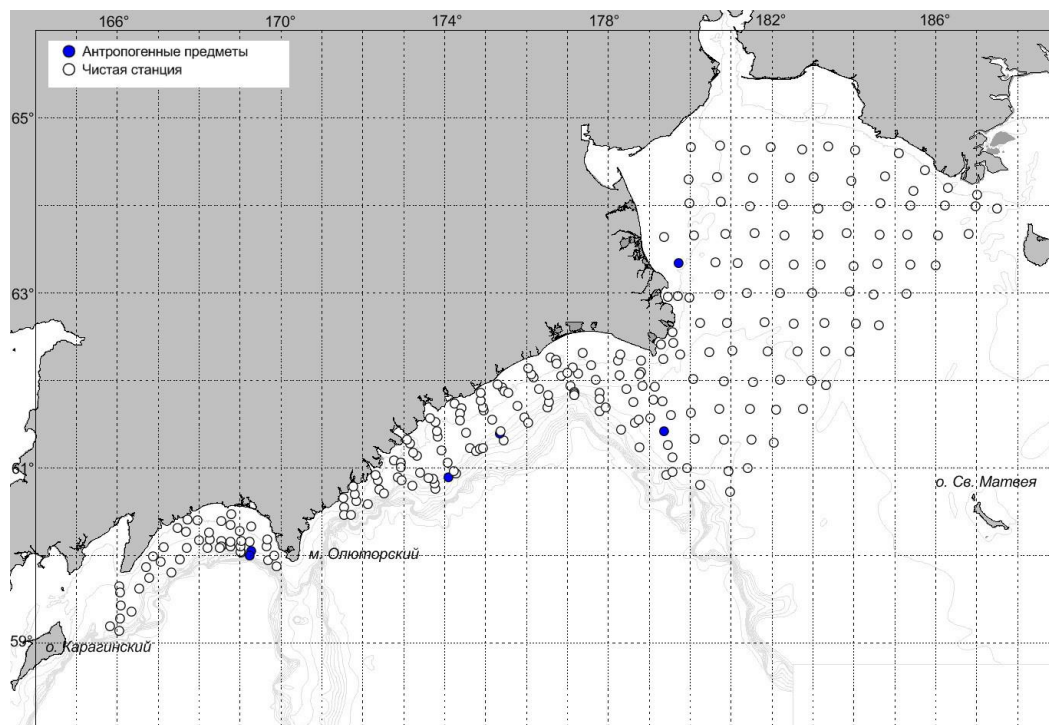


Рис. 1. Распределение траловых станций с антропогенными предметами в западной части Берингова моря

В составе мусора преобладали сломанные крабовые ловушки. Найдены автомобильные покрышки, металлические бочки и стеклянные банки, обрывки пластика,

рыболовные сети, перчатки и другие предметы (рис. 3). Количество предметов в траловых уловах варьировало от одного до десятка штук.

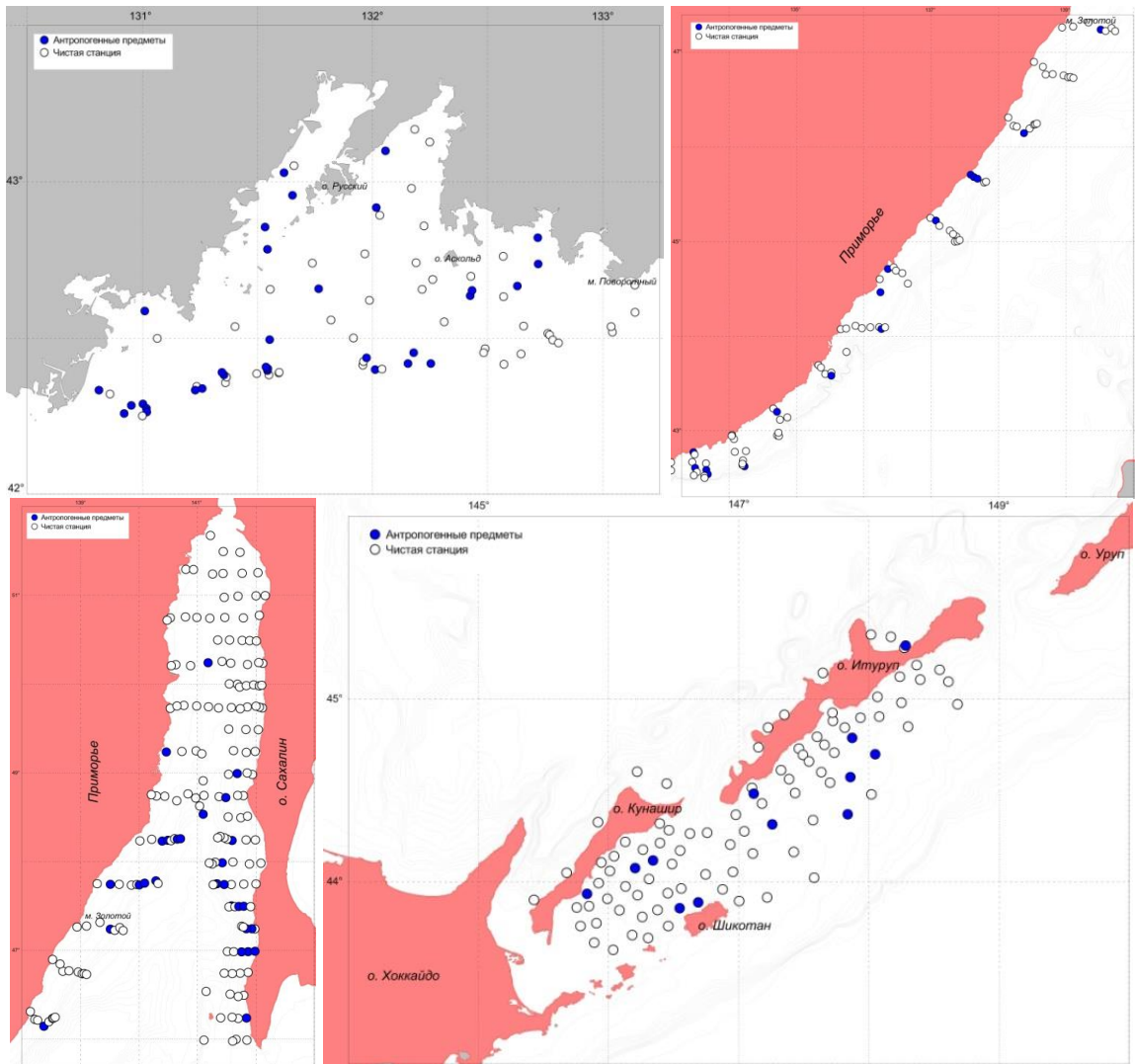


Рис. 2. Распределение траловых станций, где встречены антропогенные предметы в зал. Петра Великого, в прибрежье Приморья, в Татарском проливе, у южных Курил

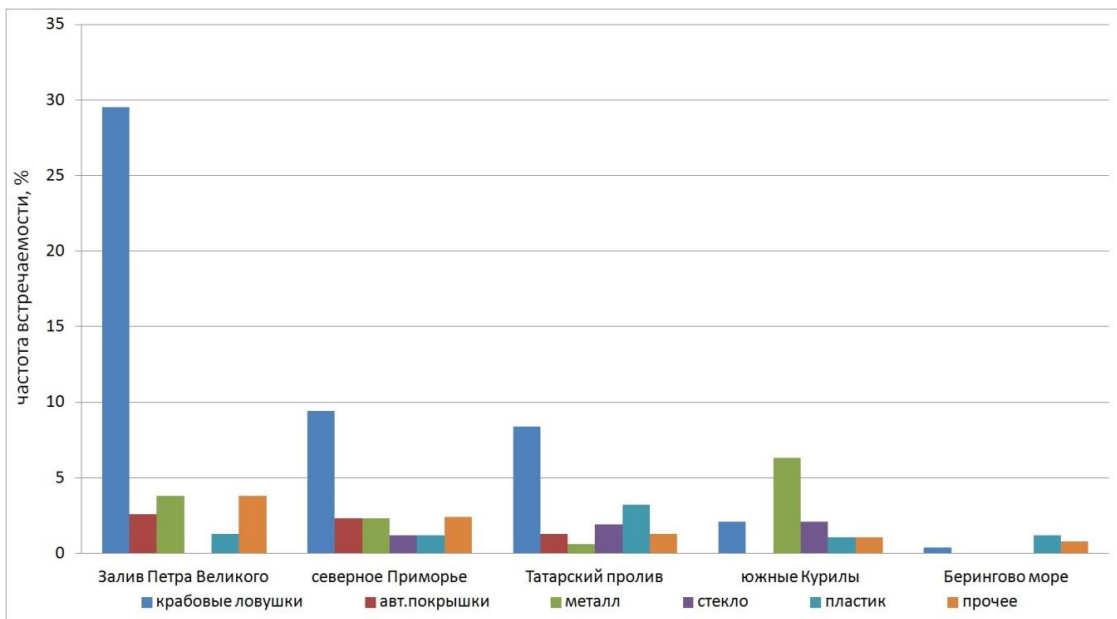


Рис. 3. Частота встречаемости разных видов антропогенных материалов в траловых сборах

Наименее загрязненный район – это западная часть Берингова моря, где мусор встречен на 6 станциях из 253. В основном это были пластиковые пакеты.

Из исследованных регионов наиболее загрязненным был залив Петра Великого, где антропогенные предметы встречались почти в каждом втором трале (41 %). Следует отметить, что половина траловых станций с мусором располагалась на свале глубин за 12-мильной зоной.

Распределение мусора в прибрежье Приморья, в Татарском проливе и у южных Курильских островов было относительно равномерным и в этих районах нельзя проследить какие-либо особенности в уловах антропогенных предметов.

Антропогенный мусор в шельфовой зоне дальневосточных морей в первую очередь определяется деятельностью рыбной промышленности. Потеря крабовых ловушек, сетей это проблема, на которую стоит обратить внимание. Чаще всего поломанные ловушки рыбаки не вывозят на берег а выбрасывают за борт.

Многие химически инертные предметы, упавшие на дно не представляют экологической угрозы для бентосных животных, более того, это хороший субстрат для оседания личинок. В конечном итоге, эти предметы заиливаются и выпадают из биогеохимического круговорота.

Учитывая, что хозяйственная деятельность в дальневосточных морях будет усиливаться, предлагается во время траловых съемок при проведении ресурсных исследований бентоса, определять наличие и состав антропогенного мусора. Подсчет антропогенных предметов проводится попутно с учетом гидробионтов и не занимает много времени. Это позволит оценить динамику антропогенного влияния на бентосные сообщества и выработать рекомендации по охране окружающей среды.

Список литературы:

1. Barnes D.K.A. and Milner P. Drifting plastic and its consequences for sessile organism dispersal in the Atlantic Ocean // *Marine Biology* – 2005. – 1946. – P. 815-825.
2. Derraik J.G.B. The pollution of the marine environment by plastic debris: a review // *Marine Pollution Bulletin*. – 2002. – 44. – P. 842-852.
3. Кулепанов В.Н., Дробязин Е.Н. Качественная оценка антропогенного мусора на шельфе северо-западной части Японского моря при траловых съемках // «ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ, ПРОМЫШЛЕННАЯ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ – 2017» (11-15 сентября 2017 года), Сборник статей научно-практической конференции с международным участием г. Севастополь. СевГУ. – 2017. – С. 739-742.

SUBJECTS ANTHROPOGENOUS ORIGINS WHICH FIND AT THE BOTTOM AT TRAWLING SHOOTINGS ON THE SHELF OF THE FAR EAST SEAS

V.N. Kulepanov^{1,2}, E.N. Drobyazin¹

¹*Russian Federal «Research Institute of Fisheries and Oceanography» «VNIRO» Pacific branch of VNIRO («TINRO»), Vladivostok, 690091, Russia,
e-mail: kulepanovvn@mail.ru*

²*Maritime State University named after Admiral G.I. Nevelskoy, Vladivostok, Russia*

Abstract

Data about distribution of anthropogenous subjects in trawling shootings in the western part of Bering sea, Peter the Great bay, in Tatar strait, in the coastal zone of Primorski Krai and southern Kuriles is cited. Crab traps prevailed. The quantity of anthropogenous garbage correlated with освоенностью water areas.

СОДЕРЖАНИЕ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИХ ПИГМЕНТОВ В *PHASEOLUS VULGARIS* L., СЕМЕНА КОТОРОЙ ПОДВЕРГЛИСЬ ПРЕДПОСЕВНОМУ ГАММА-ОБЛУЧЕНИЮ

Н.Р. Кулиева, Дж.Р. Оруджева

*Институт Радиационных Проблем НАН Азербайджана,
г. Баку, AZ 1143, Азербайджан, e-mail: jamala.orujova@gmail.com*

Как известно, растения в своем онтогенезе подвергаются воздействию экстремальных факторов окружающей среды. Было установлено, что воздействие этих факторов приводит к изменению в организме растений разных физиологических и биохимических процессов. В конечном итоге, ингибируется рост и развитие растений, что отражается в уменьшении их продуктивности и биометрических показателей [1, 2].

Основываясь на результаты многочисленных исследований, можно предположить, что в стрессовых условиях растения, изменяя свой метаболизм, перестраиваются и тем самым защищаются от вредного воздействия неблагоприятного для них условия [3, 4].

Если учесть, что фотосинтез является процессом, способным изменяться под воздействием стрессовых факторов, то при этом вполне допустимо изменение синтеза фотосинтетических пигментов [5]. Учитывая это, в представленной работе нами было исследовано содержание, как зеленых, так и желтых пигментов *Phaseolus vulgaris* L. (фасоль обыкновенная), семена которой перед посевом были обработаны гамма излучением при разных дозах.

Материалы и методы. Объектом исследования была выбрана фасоль обыкновенная (сорт «Севиндж»). Семена растения перед посевом были облучены γ -лучами в дозах 1, 5, 10, 50, 100, 200 Гр с применением источника $Co-60$. Облученные семена с их контрольными образцами выращивались в чашках Петри в физиологически активном растворе (в каждой чашке были по 20 семян). Используемое нами физиологически активное вещество является водорастворимым, и было получено на основе нефтяных кислот. Оно прошло испытание как стимулятора роста растений [6,7].

Далее трехдневные проростки поместились в 400 мл вегетационную посуду, наполненную обычной водой. Пробы листьев для фиксации пигментов брали после 20 дней произрастания.

Содержание фотосинтетических пигментов определяли спектрометрически стандартным методом с применением формулы Веттштейна [8].

Опыты проводили в трехкратной аналитической повторности. Статистическая обработка результатов проводили по Лакину [9].

Результаты и их обсуждение. Результаты по определению содержания хлорофиллов для фасоли, семена которой обрабатывались γ -лучами и произрастали в физиологически активном растворе представлены на рисунке 1.

Сравнение контрольных **K1** и **K2** показывает, что физиологически активное вещество в какой-то мере оказывает стимулирующее действие на синтез хлорофиллов для контрольных образцов растения. Так как под воздействием физиологически активного вещества содержание хлорофилла а выросло примерно в 1,5, а содержание хлорофилла b – в 2 раза.

Как видно из рисунка, на облученные образцы, применяемое, точнее испытанное нами физиологически активное вещество существенно не повлияло. Сравнивая содержание хлорофилла а для облученных семян с **K2** можно прийти к выводу о том, что количество пигментов для облученных семян во всех вариантах облучения уменьшилось. Примерно такой же вид изменений характерен и для хлорофилла b.

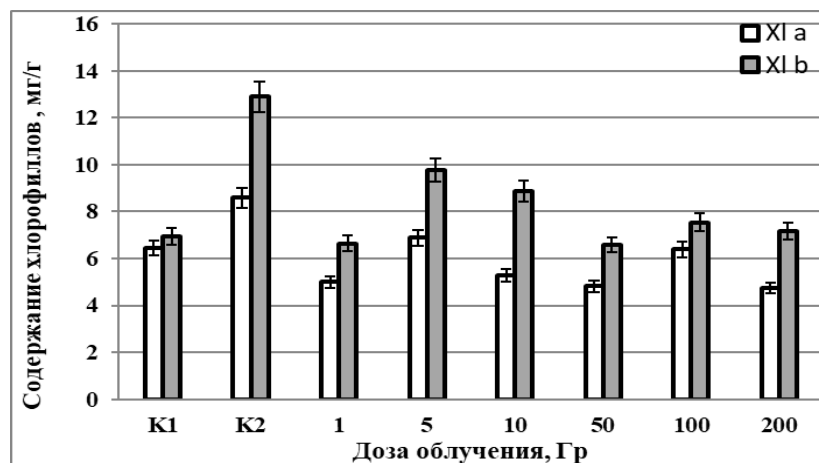


Рис. 1. Содержание хлорофиллов *a* и *b* в листьях фасоли (К1 – контроль – соответствует содержанию хлорофиллов для необлученных и выращенных в обычной воде, К2 – контроль - соответствует содержанию хлорофиллов для необлученных и выращенных в физиологически активном растворе, остальные - соответствуют содержанию хлорофиллов для облученных и выращенных в физиологически активном растворе).

Список литературы:

1. Балюкин Ю.В. Растения в условиях стресса. Физиология растений / Учебник для студ. Вузов. Под ред. И.П.Ермакова. М.: Издательский центр «Академия». – 2005. - С. 510-584.
2. Boyer J.S. Plant productivity and environment // Science. - 1982. - № 218. - P.443-448.
3. Ashraf M., Athar H.R., Harris P.J.C. et al. Some prospective strategies for improving crop salt tolerance // Adv. Argon. - 2008. - № 97. P.45-110.
4. Shulaeva, V., Cortesa, D., Miller, G. ve Mittler, R. Metabolomics for plant stress response // Physiologia Plantarum. - 2008. - Vol.132. - P. 199-208.
5. Munns R., James R.A., Lauchi A. Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals // J. of Exp. Botany/ -2006. - Vol. 57. - P. 1025-1043.
6. Мамедов Дж.Ш., Пиралиев А.Г., Набиев Ф.А., Набиева Н.Д., Асадова Р.А., Салманова Ч.К. Новые пути повышения продуктивности зерновых культур // Журнал «Интер -медикал». – 2015 - Т. VI (12). - С.63-66
7. Аббасов В.М., Мамедов Дж.Ш., Набиев Ф.А. и др. Стимулирующее действие некоторых солей нефтяных кислот на развитие гороха // Научно-практический конф. «Актуальные проблемы современной биологии и химии», Гянджа, - 2015. – С. 347-351.
8. Шлык А.А. О спектрометрическом определении хлорофиллов а и в. // Биохимия. – 1968. - Т. 33. - Вып.2. - С. 275-285.
9. Лакин Г.Ф. Биометрия / М., Изд-во «Высшая школа». -1990. – С. 293 с.

CONTENT OF PHOTOSYNTHETIC PIGMENTS IN *PHASEOLUS VULGARIS* L., WHICH SEEDS ARE PRESENTED TO THE PRECEDENT GAMMA-IRRADIATION

N.R. Guliyeva, J.R. Orujova

Institute of Radiation Problems of the National Academy of Sciences of Azerbaijan, Baku, Azerbaijan, e-mail: jamala.orujova@gmail.com

Abstract

In this work, the irradiated and control beans seeds were treated in a physiologically active solution for 3 days. Next, samples for 20 days were germinated in ordinary water. In freshly harvested leaves, the amount of chlorophylls was determined. It was revealed that the subject physiologically active solution showed a stimulating effect on the synthesis of chlorophylls in control samples of plants. However, the positive effect of this substance on the irradiated seeds was not observed.

КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ РАО С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАГНИЙ-КАЛИЙ-ФОСФАТНОЙ МАТРИЦЫ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ХРАНЕНИИ ОТВЕРЖДЕННЫХ ОТХОДОВ

С.А. Куликова; С.Е. Винокуров

*Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН,
Москва, 119991, Россия, e-mail: kulikova.sveta92@mail.ru*

Обращение с радиоактивными отходами (РАО) предусматривает несколько этапов: сбор, переработку и кондиционирование. Кондиционирование отходов – это перевод их в отвержденные формы, которые пригодны для хранения, транспортировки, захоронения и обеспечивают максимальную радиоэкологическую безопасность для окружающей среды.

В России в настоящее время для кондиционирования высокоактивных отходов (ВАО) используется алюмофосфатное стекло [1,2], а также рассматривается возможность отверждения ВАО, образующихся после переработки отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) реакторных установок ВВЭР-1000, в боросиликатное стекло [3,4]. Технология остекловывания является высокотемпературной, поэтому имеет некоторые недостатки – высокая стоимость плавильного оборудования и короткий срок его службы, а также необходимость систем газоочистки. Следует особо отметить, что ликвидация плавильного оборудования после окончания срока его эксплуатации представляет огромную радиоэкологическую проблему. Кроме того, отмечают невысокие химическую и кристаллизационную устойчивость стеклоподобного компаунда.

В качестве альтернативы стеклу рассматривают керамические (минералоподобные) фосфатные матрицы [5]. Особый интерес представляет низкотемпературная минералоподобная магний-калий-фосфатная (МКФ) матрица $MgKPO_4 \cdot 6H_2O$ – синтетический аналог природного минерала К-струвит [6]. Ранее нами была установлена эффективность использования МКФ матрицы для кондиционирования разных видов РАО [7-9].

Принятой в настоящее время стратегией обращения с отвержденными ВАО или актинид-содержащими долгоживущими РАО является их захоронение в геологических формациях на глубинах в несколько сотен метров. Современная концепция захоронения отвержденных отходов предусматривает создание в хранилище многобарьерной системы защиты, состоящей из природного (массив горных пород) и инженерных барьеров [10]. В России как полигон для создания хранилища отвержденных РАО рассматривается Нижнеканский гранитоидный массив (НКМ) в Красноярском крае, а в качестве одного из инженерных барьеров – бентонит.

Целью настоящей работы стало изучение гидrolитической устойчивости МКФ компаунда, как одной из наиболее важных характеристик матриц для кондиционирования РАО, в различных растворах, в том числе имитирующих подземные воды НКМ и после их контакта с бентонитом.

Экспериментальная часть. Использованные в экспериментах химические реагенты имели чистоту не ниже «х.ч.». Образцы МКФ компаундов синтезировали при комнатной температуре в соответствии с методикой, ранее приведенной в работе [7]. Были получены образцы МКФ матрицы ($MgKPO_4 \cdot 6H_2O$), а также компаунда после отверждения имитатора промышленных ВАО, образующихся после переработки ОЯТ реакторных установок ВВЭР-1000 (образец МКФ-ВАО). Состав отверждаемого имитатора ВАО и содержание металлов в полученных образцах представлены в таблице 1. Содержание HNO_3 в имитаторе ВАО – 3.2 моль/л. Подготовку имитатора

ВАО к отверждению проводили путем его нейтрализации до pH 7.5 ± 0.5 раствором гидроксида натрия с концентрацией 15.0 ± 0.1 моль/л. В качестве минерального наполнителя МКФ компаунда (образец МКФ-ВАО) использовали волластонит Ca-SiO₃ (FW-200, Nordkalk) с размером частиц 0.07-0.16 мм, наполнение – 23.0 ± 0.1 мас%.

Таблица 1

Химический состав имитатора ВАО и содержание металлов имитатора в полученных образцах МКФ компаунда

Химический состав имитатора, г/л	Содержание металлов в образцах МКФ компаунда, мас%
Na – 13.3*; Cs – 9.3; Sr – 3.9; Nd – 28.8; Zr – 7.6; Mo – 0.9; Ba – 6.4; Fe – 1.0; Cr – 2.8; Ni – 0.5; U – 3.1	Na – 1.86; Cs – 0.20; Sr – 0.08; Nd – 0.61; Zr – 0.16; Mo – 0.02; Ba – 0.14; Fe – 0.02; Cr – 0.06; Ni – 0.01; U – 0.07

*содержание Na в имитаторе ВАО до нейтрализации

Структуру и элементный состав образцов исследовали методами сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) (LEOSupra 50 VP, Carl Zeiss, Германия) и рентгеноспектрального микроанализа (РСМА) (энергодисперсионный анализатор X-MAX 80, Oxford Inst., Великобритания).

Для изучения поведения полученных образцов в условиях размещения, имитирующих хранение/захоронение отвержденных отходов, были проведены эксперименты по выщелачиванию в соответствии с тестом ГОСТ Р 52126-2003 [11] при $(25 \pm 3)^\circ\text{C}$ в бидистиллированной воде, в минерализованном растворе-имитаторе подземных вод НКМ, а также в бентонитовой воде. Модельную подземную воду НКМ получали путем растворения солей (MgSO₄, CaCl₂, NaHCO₃) в бидистиллированной воде. Бентонитовую воду получали при взаимодействии Na-модифицированного Бентонита Хакассии (месторождение «10 хутор») с раствором модельной подземной воды НКМ (соотношение жидкой и твердой фаз 50 см³/г) в течение 4 месяцев при периодическом перемешивании. Далее суспензию центрифугировали (6500-7000 оборотов в минуту, 60 минут), жидкую фазу декантировали, данную операцию проводили еще несколько раз.

В таблице 2 приведены составы использованных контактных растворов для выщелачивания образцов компаунда. После анализа полученной бентонитовой воды установлено, что отделить полностью бентонит не удалось, и образец представлен коллоидными частицами смектита и солями (трон Na₃H(CO₃)₂·2H₂O, галит NaCl).

Таблица 2

Характеристики контактных растворов

Модельный раствор	Состав, мг/л	pH
Бидистиллированная вода	Na – 0.03; Al – 0.02; K – 0.005; Li – 0.002; Ca – 0.013; Fe – 0.001; Mg – 0.001; Ba – 0.003; P – 0.004; Si – 0.004	6.6 ± 0.1
Минерализованная вода	Na – 72.5; Ca – 11.4; Mg – 3.6; S – 5.2;	8.4 ± 0.1
Бентонитовая вода	Na – 325.0; Ca – 5.8; Mg – 1.0; K – 2.9; Al – 1.1; Si – 8.7; Ba – 0.03; P – 0.013; S – 21.7	9.9 ± 0.1

Содержание элементов в растворах до и после выщелачивания образцов определяли методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (МС-ИСП)

(спектрометр X Series2, Thermo Scientific, США) и атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой (АЭС-ИСП) (iCAP-6500 Duo, Thermo Scientific, Великобритания).

Результаты и обсуждение. При изучении структуры холостой МКФ матрицы (рис.1а) установлено, что образцы сложены из кристаллических частиц преимущественно с размером 2-10 мкм. Средний элементный состав матрицы соответствует минералоподобному аналогу К-струвита - $MgKPO_4 \cdot 6H_2O$ (рис.1а, фаза 1), однако состав отдельных частиц матрицы может различаться. Некоторые обнаруженные частицы обогащены по Mg и P и имеют средний состав $Mg_{1.16}K_{0.68}PO_4 \cdot 4.5H_2O$ (рис. 1а, фаза 2), что соответствует смеси К-струвита и $Mg_3(PO_4)_2 \cdot 2.6H_2O$ в мольном соотношении 4.3/1. В то же время найдены обедненные по Mg частицы с составом, вероятно, $Mg_{0.62}KH_{0.76}PO_4 \cdot 3.8H_2O$ (рис.1а, фаза 3), что соответствует смеси К-струвита и KH_2PO_4 в мольном соотношении 1.6/1. В то время как структура МКФ компаундов после отверждения имитатора ВАО (рис.1б) состоит из фосфатной фазы среднего состава $Mg_{1.1}Na_{0.35}K_{0.45}PO_4 \cdot (4-6)H_2O$ (рис. 1б, фаза 4), который является аналогом К-струвита [6]. В то же время было показано, что отдельные включения соединения обогащены цезием и имеют средний состав $MgCs_{0.5}Na_{0.2}K_{0.3}PO_4 \cdot (5-6)H_2O$ (рис. 1б, фаза 5). Кроме того, идентифицированы следующие фазы: волластонит $CaSiO_3$, который был добавлен в качестве минерального наполнителя (рис. 1б, фаза 6) и KNO_3 (рис. 1б, фаза 7), образующийся при замене калия щелочными металлами имитатора ВАО и ранее идентифицированный при иммобилизации РАО с высоким содержанием соли [8].

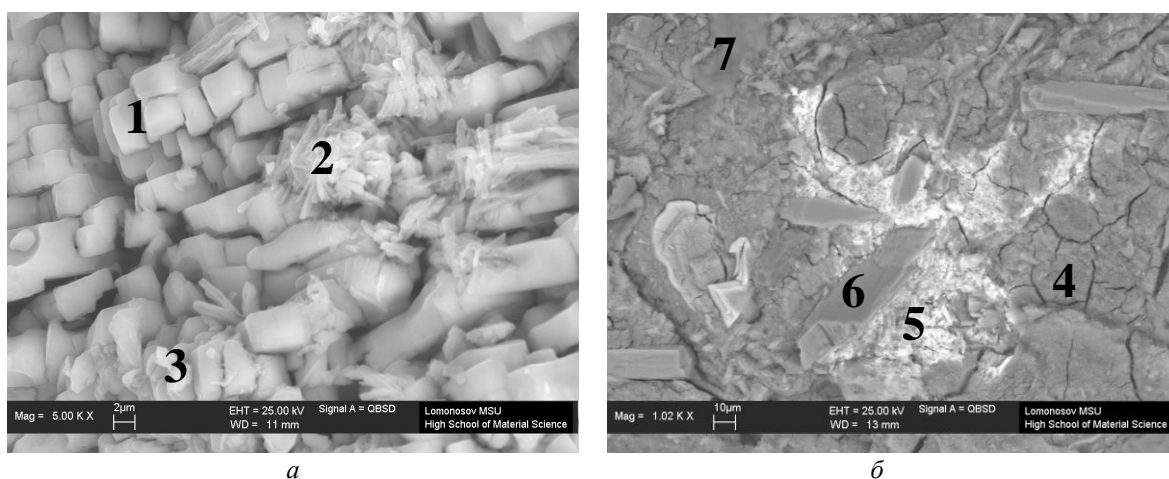


Рис. 1. СЭМ изображения полученных образцов: *а* – холостой МКФ матрицы и *б* – МКФ компаунда после отверждения имитатора ВАО
 1 - $MgKPO_4 \cdot 6H_2O$, 2 - $Mg_{1.16}K_{0.68}PO_4 \cdot 4.5H_2O$, 3 - $Mg_{0.62}KH_{0.76}PO_4 \cdot 3.8H_2O$,
 4 - $Mg_{1.1}Na_{0.35}K_{0.45}PO_4 \cdot (4-6)H_2O$, 5 - $MgCs_{0.5}Na_{0.2}K_{0.3}PO_4 \cdot (5-6)H_2O$, 6 - $CaSiO_3$, 7 - KNO_3

В сводной таблице 3 приведены данные о дифференциальной скорости выщелачивания компонентов компаундов на 28 сутки согласно ГОСТ Р 52126-2003. Показано, что устойчивость к выщелачиванию холостой МКФ матрицы при контакте с минерализованными растворами увеличивается, что может быть обусловлено упрочнением поверхностного слоя вследствие образования на поверхности компаунда дополнительных фаз с участием компонентов растворов. Установлено, что при контакте образца МКФ-ВАО с бентонитовой водой (№3) выщелачивание структурообразующих элементов компаунда (Mg, K, P) увеличивается (таблица 3) в сравнении с данными, где выщелачиватель – бидистиллированная вода (№1), возможно, это связано с влиянием состава выщелачивателя, содержащего 325 мг/л натрия и имеющего щелочной pH (9.9 ± 0.1), в отличие от двух других растворов (таблица 2). С другой

стороны, отмечено, что выщелачивание компонентов ВАО из образца МКФ-ВАО при контакте компаунда с бентонитовой водой значительно снижается по сравнению с выщелачиванием их в два других раствора. Возможно, это обусловлено замещением элементов (Mg, K) в структуре матрицы $MgKPO_4 \cdot 6H_2O$ компонентами имитатора ВАО.

Таблица 3

Гидролитическая устойчивость образцов на 28 сутки контакта с б/д водой (№1), минерализованной водой (№2) и бентонитовой водой (№3)

Компоненты компаунда	Дифференциальная скорость выщелачивания, г/(см ² ·сутки)		
	1	2	3
<i>МКФ матрица</i>			
Mg	$7.7 \cdot 10^{-5}$	$2.8 \cdot 10^{-4}$	$4.7 \cdot 10^{-5}$
P	$5.5 \cdot 10^{-4}$	$2.9 \cdot 10^{-4}$	$9.2 \cdot 10^{-5}$
K	$1.2 \cdot 10^{-3}$	$4.1 \cdot 10^{-4}$	$1.1 \cdot 10^{-3}$
<i>МКФ-ВАО</i>			
Mg	$1.2 \cdot 10^{-4}$	$3.1 \cdot 10^{-4}$	$1.3 \cdot 10^{-4}$
P	$5.2 \cdot 10^{-4}$	$5.1 \cdot 10^{-4}$	$1.9 \cdot 10^{-4}$
K	$1.7 \cdot 10^{-3}$	$1.9 \cdot 10^{-3}$	$9.3 \cdot 10^{-4}$
Na	$1.4 \cdot 10^{-3}$	$5.7 \cdot 10^{-4}$	$3.7 \cdot 10^{-4}$
Cs	$4.0 \cdot 10^{-4}$	$4.2 \cdot 10^{-4}$	$1.7 \cdot 10^{-5}$
Sr	$1.3 \cdot 10^{-5}$	$9.2 \cdot 10^{-6}$	$1.8 \cdot 10^{-7}$
Nd	$1.1 \cdot 10^{-6}$	$1.0 \cdot 10^{-6}$	$2.3 \cdot 10^{-8}$
Zr	$7.9 \cdot 10^{-7}$	$1.6 \cdot 10^{-7}$	$<7.2 \cdot 10^{-8}$
Mo	$7.1 \cdot 10^{-4}$	$1.3 \cdot 10^{-3}$	$1.4 \cdot 10^{-5}$
Ba	$1.3 \cdot 10^{-5}$	$2.0 \cdot 10^{-6}$	$2.0 \cdot 10^{-7}$
Fe	$<3.2 \cdot 10^{-5}$	$1.2 \cdot 10^{-5}$	$<2.0 \cdot 10^{-6}$
Cr	$8.8 \cdot 10^{-7}$	$2.6 \cdot 10^{-6}$	$2.7 \cdot 10^{-7}$
Ni	$2.4 \cdot 10^{-6}$	$1.0 \cdot 10^{-5}$	$1.5 \cdot 10^{-6}$
U	$4.3 \cdot 10^{-5}$	$5.5 \cdot 10^{-5}$	$1.7 \cdot 10^{-5}$

Таким образом, показана высокая гидролитическая устойчивость МКФ компаундов при выщелачивании в модельной подземной воде НКМ, в том числе после ее контакта с бентонитом Хакасского месторождения.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 16-13-10539).

Список литературы:

1. Chemical-technological and mineralogical-geochemical aspects of the radioactive waste management / S.V. Stefanovsky, S.V. Yudinsev, S.E. Vinokurov, B.F. Myasoedov // *Geochemistry International*. 2016. Vol. 54, N. 13, p. 1136–1156.
2. Стекла для радиоактивных отходов / И.А. Соболев, М.И. Ожован, Т.Д. Щербатова, О.Г. Батюхнова. М.: Энергоатомиздат, 1999. 240 с.
3. Физико-химические характеристики остеклованных модельных ВАО ОДЦ ГХК / А.С. Алой, А.В. Трофименко, Т.И. Кольцова, М.В. Никандрова // *Радиоактивные отходы*. 2018. № 4 (5). С. 67-75.
4. Алой А.С., Никандрова М.В. Выщелачивание боросиликатных стекол, содержащих модельные ВАО ОДЦ ГХК, в минерализованной воде гранитоидной формации // *Радиохимия*. 2015. Т. 57. № 5. С. 466-470.
5. Hartmut Schlenz, Stefan Neumeier, Antje Hirsch, Lars Peters, Georg Roth (2017). 9. Phosphates as safe containers for radionuclides. In Soraya Heuss-Aßbichler, Georg

- Amthauer, Melanie John (Eds.), *Highlights in Applied Mineralogy* (pp. 171–196). Berlin, Boston: De Gruyter. <https://doi.org/10.1515/9783110497342-009>.
6. Struvite-(K), $\text{KMgPO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, the potassium equivalent of struvite – new mineral / S. Graeser [et al] // *Eur. J. Mineralogy*. 2008. Vol. 20. N 4. P. 629-633.
 7. Магний – калий – фосфатный компаунд для иммобилизации радиоактивных отходов: фазовый состав, структура, физико-химическая и гидролитическая устойчивость / С.Е. Винокуров, С.А. Куликова, В.В. Крупская, Б.Ф. Мясоедов // *Радиохимия*. 2018. Т. 60. № 1. С. 66-73.
 8. Investigation of the leaching behavior of components of the magnesium potassium phosphate matrix after high salt radioactive waste immobilization / S.E. Vinokurov [et al] // *J. Radioanal. Nucl. Chem*. 2018. Vol. 315. N 3. P. 481-486.
 9. Vinokurov S.E., Kulikova S.A., Myasoedov B.F., Magnesium Potassium Phosphate Compound for Immobilization of Radioactive Waste Containing Actinide and Rare Earth Elements // *Materials*. 2018. 11 (6). 976.
 10. Подземная изоляция радиоактивных отходов / Е.Б. Андерсон, С.В. Белов, Е.Н. Камнев, И.Ю. Колесников, Н.Ф. Лобанов, В.Н. Морозов, В.Н. Татаринцов. М.: Изд-во «Горная книга», 2011. 592 с.
 11. ГОСТ Р 52126-2003. Отходы радиоактивные. Определение химической устойчивости отвержденных высокоактивных отходов методом длительного выщелачивания. – М.: Госстандарт России, 2003.

CONDITIONING RW USING THE MAGNESIUM POTASSIUM PHOSPHATE MATRIX TO INCREASE RADIOECOLOGICAL SAFETY UNDER STORAGE OF SOLIDIFIED WASTE

S.A. Kulikova, S.E. Vinokurov

*Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry of RAS,
Moscow, 119991, Russia, e-mail: kulikova.sveta92@mail.ru*

Abstract

The samples of low-temperature mineral-like magnesium potassium phosphate compound were synthesized, including under solidification of industrial high level waste surrogate after reprocessing spent nuclear fuel of 1000 MW water-water energetic reactor (WWER-1000). The structure and elemental composition of the compounds were studied. The hydrolytic stability of the compounds obtained was determined in accordance with GOST R 52126-2003 in bidistilled water, in a mineralized groundwater surrogate of the Nizhnekansky granitoid massif, and also in bentonite water. It was shown that the magnesium potassium phosphate compound has high hydrolytic stability under placement conditions that simulate the storage/disposal of solidified waste.

ПОСТРОЕНИЕ ПРОГНОСТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ РАСПРОСТРАНЕНИЯ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ НА ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ

В.В. Кульнева¹, А.В. Звягинцева²

Воронежский государственный технический университет,
г. Воронеж, 394053, Россия, e-mail: ¹vedma_via@mail.ru, ²zvygincevaav@mail.ru

Показана возможность отображения пространственных объектов в географических информационных системах. Рассмотрено распространение нефти по поверхности полигонального водного объекта. Проведен расчет распространения нефти для двух условий течения: по поверхности водоема (Воронежского водохранилища) и водотока (реки Дон)

При моделировании аварий, вследствие которых происходит разлив нефти или нефтепродуктов по водной поверхности, как правило, рассматривают две разновидности аварийного процесса. Один из них - залповый сброс нефти, при котором практически мгновенно на поверхности водоема оказывается заданное количество нефти или нефтепродукта. Объектом исследования в работе являются полигональные водные объекты – водоемы и водотоки с установившимся режимом течения. Цель работы - построить прогнозные модели распространения нефти по поверхности полигональных водных объектов, конкретно водотоков с установившимся режимом течения и водоемов. Применяемые программные средства: пакет статистического анализа *Statistika*, программный комплекс *WATER*, географическая информационная система *ArcGIS* (с дополнительным модулем «Разлив нефтепродуктов (вода)») [1].

Теоретически при оценке распространения пятна аварийного разлива нефти и нефтепродуктов на поверхности воды включают в рассмотрение четыре стадии: инерционная; гравитационно-вязкостная; поверхностного натяжения; диффузионная. Первые три стадии относятся к процессу растекания нефтепродуктов по поверхности водной среды и описываются приближенными аналитическими выражениями. Четвертая (диффузионная) стадия распространения нефтепродуктов непосредственно связана с динамическими процессами в районе разлива и поддается исследованию только с помощью методов математического моделирования. Моделирование осуществлено по методикам руководящих документов [2-4].

Рассмотрим залповый (почти мгновенный) сброс нефтепродуктов в воду. В основе оценок по растеканию нефти и нефтепродуктов по водной поверхности (упрощенный вариант для случая несжимаемой и невязкой жидкости) лежит уравнение:

$$\frac{dr}{dt} = (\xi \cdot g \cdot (1 - \frac{\rho_{ж}}{\rho_г}))^{\frac{1}{2}} \cdot h^{\frac{1}{2}}, \quad (1)$$

где $\xi = 1.34$ – коэффициент;

$\rho_{ж}$ – плотность растекающейся жидкости (нефти или нефтепродукта);

$\rho_г$ – плотность воды водоема (моря);

h – высота цилиндра разлива нефти.

Значение коэффициента $\left(1 - \frac{\rho_{ж}}{\rho_г}\right)$, учитывает степень погружения нефтепродукта

в воду.

Определение времени подхода зоны загрязнения с максимальной концентрацией аварийно химически опасного вещества к заданному створу. Прогноз времени подхода зоны загрязнения с максимальной концентрацией опасного вещества к заданному створу водотока определяется по формуле:

$$t_{\max} = t_D + \frac{t_0}{2}, \quad (2)$$

где t_D - время добегающей речной воды от места аварии до заданного створа, час;
 t_0 - продолжительность сброса опасного вещества в реку, час.

Расчет t_D выполняется по формуле:

$$t_D = \frac{L}{3,6V}, \quad (3)$$

где L - длина расчетного участка реки, км;

V - средняя скорость течения реки на участке, м/с.

Для моделирования разливов нефти с применением ГИС предлагается использовать ГИС-систему с представленной на слайде архитектурой построения. Файловая база геоданных имеет следующий состав (рисунок 1).

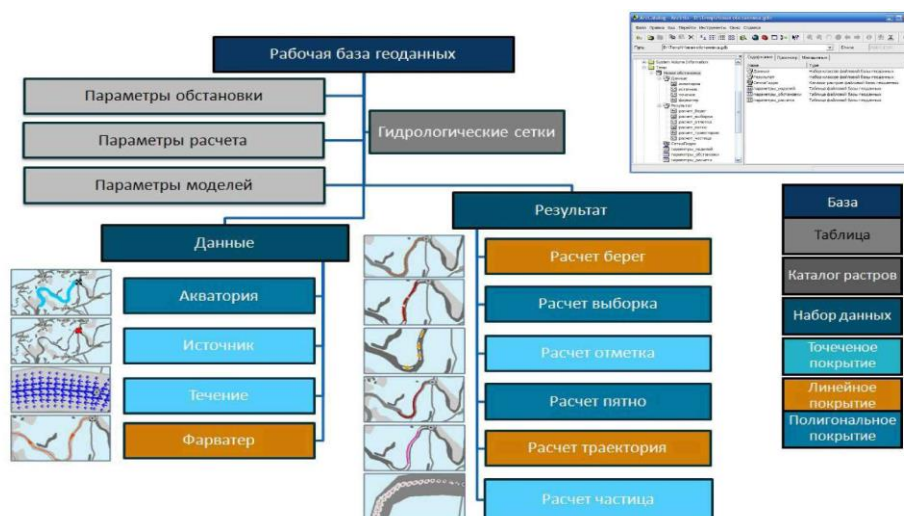


Рис. 1. Состав файловой базы географических данных

В работе применен метод графов, результаты моделирования с указанием источника разлива нефти представлены в работе [5], а в работе показано влияние загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами [6], а в [7] проведено моделирование биолого-социальных последствий горения нефти и нефтепродуктов на поверхности водоемов.

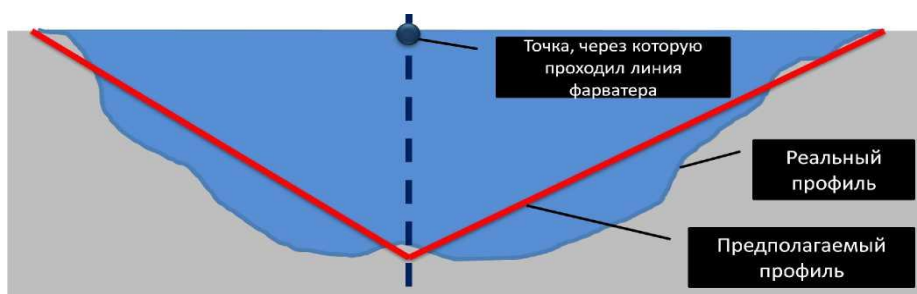


Рис. 2. Построение профиля водоема

Для установления влияния типа полигонального водотока на распространение нефти проведен расчет распространения нефти для двух условий течения: загрязнение реки Дон и загрязнение Воронежского водохранилища.

Проведен расчет распространения нефти для двух условий течения: по поверхности водоема и водотока. Для установления влияния типа полигонального водотока на распространение нефти проведен расчет распространения нефти для двух условий

течения: загрязнение реки Дон и загрязнение Воронежского водохранилища. Далее представлены результаты моделирования для поверхности водоема:

- загрязнение акватории Воронежского водохранилища - наименование опасного вещества поступившего в водный объект – нефть, продолжительность сброса – 0,5 часа, Объем сбрасываемого вещества – 60 м³, концентрация вещества в загрязняющем сбросе – 850 мг/л, средняя скорость течения воды вдоль расчетной траектории – 0,01 м/с, средняя скорость течения в заданном створе – 0,01 м/с, средневзвешенное значение глубины водоема – 2 м, средневзвешенный коэффициент дисперсии – 3,6 м²/с, температура воды – 20 °С.

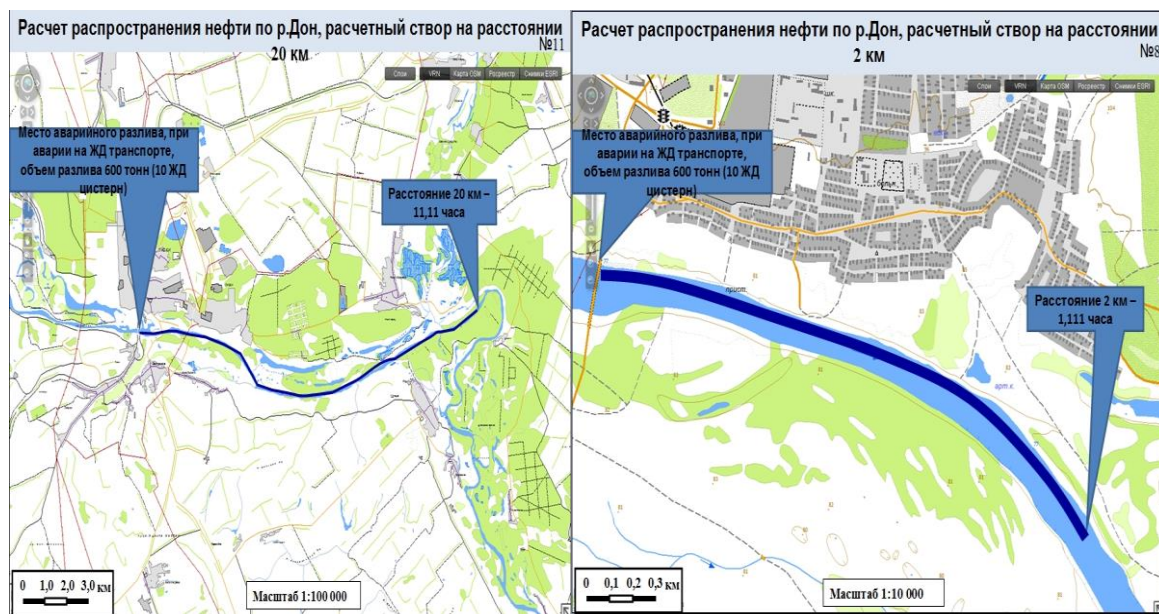


Рис. 3. Модель распространения нефти по реке Дон по расчетным створам при аварии на железнодорожном транспорте

Проведем расчет параметров аварийного разлива нефти.

Исходные данные: в результате разрыва трубопровода в течение двух часов происходил аварийный сброс в водохранилище 36000 м³ нефти. Необходимо оценить основные параметры загрязнения водоема для условий: $L_x = 10,75$ км; $V_x = 0,15$ м/с; $V_{x.з} = 0,15$ м/с; $H_* = 3,5$ м; $D_* = 0,00093$ м²/с (таблица 1).

Таблица 1

Подготовка исходных данных

Параметр, обозначение, размерность	Численное значение
Длина расчетной траектории, L_x , км	10,75
Средняя скорость течения вдоль расчетной траектории, V_x , м/с	0,15
Средняя скорость течения в заданном створе, $V_{x.з}$, м/с	0,15
Средневзвешенная глубина вдоль расчетной траектории H_* , м	3,5
Средневзвешенный коэф. дисперсии вдоль расчетной траектории, D_* , м ² /с	0,00093
Температура воды, T_v , °С	25,0
Название загрязняющего вещества	Нефть
Объем аварийного сброса, W , м ³	36 000
Продолжительность аварийного сброса, t_0 , час	2,0

Параметр, обозначение, размерность	Численное значение
Концентрация опасного вещества в аварийном сбросе, C_a , мг/л	2,5
Коэффициент скорости самоочищения АХОВ, K , 1/сут	0,15
ПДК _в АХОВ, мг/л	0,05
Коэффициент, учитывающий испарение опасного вещества в начальный период смешивания с водой, Y	1,0

Таблица 2

Результаты расчета аварийного разлива нефтепродуктов

Параметр, обозначение, размерность	Расчетная формула	Численное значение
Время добегаания, t_x , час	$t_x = \frac{L_x}{3,6V_x}$	19,9
Время наступления макс. концентрации, t_{max} , час	$t_{max} = t_x + \frac{t_0}{2}$	20,9
Параметр Z	$Z = \frac{4,5 \cdot 10^4 D_* H_* t_{max}}{WY}$	0,085
Параметр Θ	$\Theta = \frac{2}{(1+Z)}$ при $Z > 1$; $\Theta = 1$ при $Z \leq 1$,	1,0
Параметр ε	$\varepsilon = \exp\left(\frac{-Kt_{max}}{24}\right)$	0,88
Макс. концентрация АХОВ, C_{max} , мг/л	$C_{max} = C_a \Theta \varepsilon$	2,2
Значение высокой или экстремально высокой концентрации АХОВ, $C_{вз}$, мг/л	$C_{вз} = 10 \text{ ПДК}_в$ или $C_{вз} = 100 \text{ ПДК}_в$	0,5 -
Параметр S	$S = \frac{2,2 \cdot 10^{-5} WY}{D_* H_*}$	243,3
Продолжительность прохождения опасных концентраций в заданном створе, Δt_3 , час	$\Delta t_3 = t_0 + t_0 Z \left(\frac{1 - 2C_{вз}}{C_{max}}\right)$ при $t_{max} \leq S$ $\Delta t_3 = t_0 (1 + Z) \left(\frac{1 - C_{вз}}{C_{max}}\right)$ при $t_{max} > S$	2,1 -
Время подхода фронта зоны загрязнения, t_ϕ , час	$t_\phi = t_{max} - \frac{\Delta t_3}{2}$	19,8
Время прохождения хвоста зоны загрязнения, t_x , час	$t_x = t_{max} + \frac{\Delta t_3}{2}$	22,0
Радиус зоны аварийного загрязнения, r_x , м	$r_x = 1800 \Delta t_3 V_{x.3}$	≈600

Вывод: начало опасной ситуации в заданном створе наступит через 19,8 час после начала аварии и продлится около двух часов. При этом максимальное значение концентрации опасного вещества в расчетном створе составит 2,2 мг/л (< 100 ПДК_в), загрязнение не может характеризоваться как экстремально высокое [4]. Сведения,

полученные в результате расчетов, представлены в таблице для водоема. На рисунке 4 показана модель распространения нефти по акватории Воронежского водохранилища. Основное отличие условия распространения загрязнителя по акватории водоема от распространения по акватории водотока, является отсутствие установившего течения.

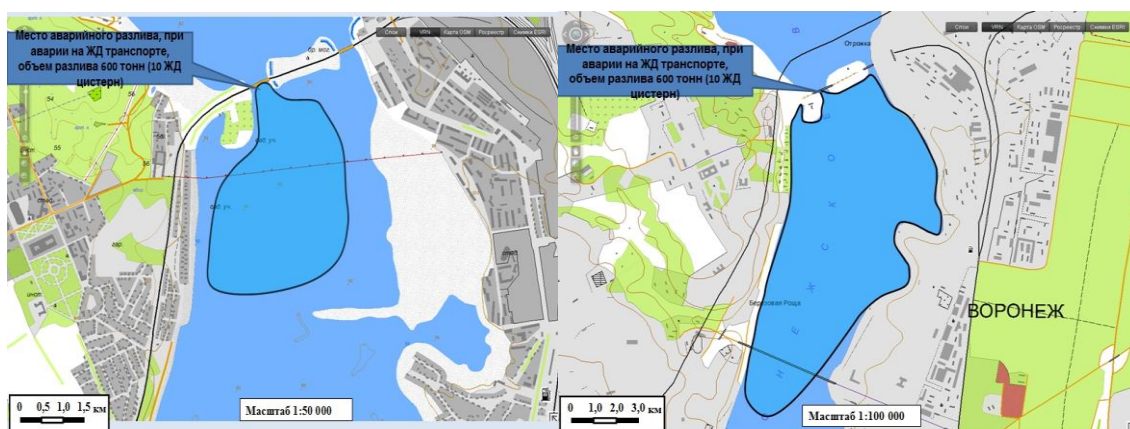


Рис. 4. Модель распространения нефти по площади акватории Воронежского водохранилища на основе расчетных створов при аварии на железнодорожном транспорте

Таким образом, в работе показано, что применение пространственного анализа при прогнозировании разливов нефти и нефтепродуктов на водных акваториях позволяет учесть основные физико-химические свойства нефти, влияющие на распространение нефти в воде, основные виды транспорта, применяемые для транспортировки нефти, информацию о крупных разливах нефти и нефтепродуктов на водных объектах [5-7].

Список литературы:

1. Модуль ARCGIS «Разлив нефтепродуктов (вода)». Руководство пользователя.
2. Методика прогнозной оценки загрязнения открытых водоисточников аварийно химически опасными веществами в чрезвычайных ситуациях. Москва, ВНИИ ГОЧС, 1996.
3. Методика определения ущерба окружающей природной среде при авариях на магистральных нефтепроводах (утв. Минтопэнерго РФ 1 ноября 1995 г.).
4. Р 52.24.627-2001 Методы прогностических расчетов распространения по речной сети зон высокозагрязненных вод и использования для прогнозов трассерных экспериментов, имитирующих аварийные ситуации
5. Звягинцева А.В., Самофалова А.С. Построение прогностических моделей распространения нефти и нефтепродуктов на полигональных водных объектах с помощью географических информационных систем //Сборник трудов победителей конкурса научно-исследовательских работ студентов и аспирантов ВГТУ по приоритетным направлениям [Электронный ресурс] – Электрон. текстовые и граф. данные (25 Мб). – Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2016. – С. 90- 91.
6. Долженкова В.В., Звягинцева А.В., Усков В.М. Антропогенное воздействие на водохозяйственные объекты / Вестник Воронежского государственного технического университета. - Воронеж; ГОУ ВПО «ВГТУ», 2008. – Т. 4. - № 11. – С. 24-27.
7. Звягинцева А.В., Федянин В.И., Яковлева А.И. Оценка биолого-социальных последствий горения нефти и нефтепродуктов на поверхности водоемов /Вестник воронежского государственного технического университета. Изд-во: Воронежский государственный технический университет, 2007. – Т.3. – №2. – С. 55-60.

**BUILDING PREDICTIVE MODELS OF THE DISTRIBUTION OF CRUDE
OIL AND PETROLEUM ON WATER OBJECTS**

V.V. Kulneva¹, A.V. Zvyagintseva²

Voronezh state technical University, Voronezh, 394053, Russia,

e-mail: ¹vedma_via@mail.ru, ²zvygincevaav@mail.ru

Abstract

The possibility of displaying spatial objects in geographic information systems is shown. The distribution of oil on the surface of a polygonal water body is considered. The calculation of oil distribution for two flow conditions: on the surface of the reservoir (Voronezh reservoir) and watercourse (Don River).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАСТЕНИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ РАДИОНУКЛИДНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АБИОТИЧЕСКИХ КОМПОНЕНТОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Н.В. Ларионова, О.Н. Ляхова, А.О. Айдарханов

Филиал «Институт радиационной безопасности и экологии» Республиканского государственного предприятия «Национальный ядерный центр Республики Казахстан», г. Курчатов, 071100, Республика Казахстан, e-mail: larioнова@nnc.kz

Изучение закономерностей поступления радиоактивных веществ в растения является одной из основных задач в области радиоэкологии [1] и представляет определенный интерес в общей проблеме охраны окружающей среды. Особую роль в становлении исследований по изучению накопления радионуклидов растениями сыграл В.И. Вернадский. Одним из первых выполнив экспериментальные работы по анализу особенностей миграции ряда радионуклидов в природной среде, он отмечал, что растительность, под влиянием которой осуществляется биогенная миграция и накопление химических элементов, оказывает большое влияние на поведение радионуклидов в биосфере [2]. В свою очередь Н.В. Тимофеев-Ресовский, наблюдая в экспериментах различия в концентрации радионуклидов у отдельных видов и систематических групп растений, говорил, что фитоценоз выносит на поверхность заметную их часть, содержащихся в почве [3].

Размеры накопления радионуклидов растениями, прежде всего, зависят от пути их поступления. В зависимости от среды (атмосфера, почвенно-растительный покров), в которую попадают радионуклиды, различают три пути их поступления в растения. Листовое усвоение, т.е. усвоение оседающих из атмосферы радионуклидов непосредственно через листья, усвоение из поверхностной корневой дернины и усвоение непосредственно из почвы [4-7]. На накопление радионуклидов разными видами растений влияют особенности минерального питания, разная продолжительность вегетационного периода, характер распределения корневых систем в почве, различия в продуктивности и другие биологические особенности растений.

Учитывая способность растений к накоплению радионуклидов, исследования возможности их использования для оценки радионуклидного загрязнения абиотических компонентов окружающей среды проведены на Семипалатинском испытательном полигоне (СИП).

Так, одной из проблем СИП является возможность выноса искусственных радионуклидов из мест проведения подземных ядерных испытаний на условно «чистые» территории за пределы одной из бывших испытательных площадок – площадки «Дегелен». Для оценки выноса в местах основных выходов подземных и поверхностных вод на границе площадки проведены полевые работы, включающие: бурение гидрогеологических скважин, заложение почвенных разрезов и отбор проб окружающей среды (вода (поверхностная и грунтовая), почва, растения). Исследуемые виды растений: гигрофиты (тростник (*Phragmites australis*), осока (*Carex melanostachya*), вейник (*Calamagrostis arundinacea*)), произрастающие в зоне поверхностного водотока, и фреатофиты (ива (*Salix triandra*), тополь (*Populus nigra*)), использующие в качестве источника влаги в основном грунтовые воды.

Измерение удельной активности радионуклидов ^{137}Cs и ^{241}Am проводили методом гамма-спектрометрии [8], ^{90}Sr и $^{239+240}\text{Pu}$ – методом радиохимического выделения с последующей бета- и альфа-спектрометрией [9], ^3H – методом жидкосцинтиляционной спектрометрии [10]. Содержание ^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{241}Am и $^{239+240}\text{Pu}$ в растениях

определялось в золе с последующим пересчетом на сухой веществе, ^3H – в свободной воде растений и их органической составляющей.

В результате проведенных исследований было установлено, что максимальные концентрации ^{90}Sr (до 1200 Бк/кг), $^{239+240}\text{Pu}$ (до 38 Бк/кг), ^{241}Am (до 7 Бк/кг) и ^{137}Cs (до 150 Бк/кг) отмечаются в верхнем слое почв, и снижаются по глубине профиля, что может указывать на их вынос с поверхностными водами. В свою очередь, в воде количественно установлено содержание лишь ^{90}Sr (<1-3,3 Бк/кг) и $^{239+240}\text{Pu}$ (<0,0005-0,0025 Бк/кг) Существенно выше, чем в воде, зафиксировано содержание исследуемых радионуклидов в растениях (^{90}Sr до 350 Бк/кг, $^{239+240}\text{Pu}$ до 2 Бк/кг, ^{241}Am до 2,6 Бк/кг, ^{137}Cs до 6,7 Бк/кг), что может быть связано как с их способностью к накоплению, так и с непостоянством выноса радионуклидов с водой. Причем количественные значения ^{241}Am для отдельных участков не были установлены даже в почве, только в растениях, которые являются единственным показателем возможного его выноса за пределы бывшей испытательной площадки «Дегелен». Причем растения в рассматриваемом случае, могут быть показателями содержания радионуклидов в почвенном покрове и в воде не только на поверхности соответствующих территорий, но и могут характеризовать более глубокие слои почв, а также грунтовые воды.

Основное же загрязнение участков по периметру площадке «Дегелен» приходится на радионуклид ^3H , концентрации которого в свободной воде и органической составляющей растений, а также поверхностных и грунтовых водах достигают десятков кБк/кг. При этом содержание ^3H в свободной воде растений гигрофитов и фреатофитов может быть использовано для косвенной оценки загрязнения ^3H соответственно поверхностных и грунтовых вод.

Масштабные исследования по оценке содержания ^3H в грунтовых водах по его содержанию в растениях проведены вокруг площадки «Дегелен», в зоне пересыхающих поверхностных водотоков. В результате было установлено, что в качестве показателей содержания ^3H в грунтовых водах в определенной степени могут быть использованы представители различных экологических групп растений по отношению к воде. Степень показательности зависит от доли использования растением в качестве источника влаги грунтовых вод. Наихудшими показателями содержания ^3H в грунтовых водах являются ксерофиты. Наиболее перспективными видами растений в условиях сухой степи являются фреатофиты. Для исследуемой территории в районе площадки «Дегелен» это – солодка (*Glycyrrhiza uralensis*), чий (*Achnatherum splendens*) и чингил (*Halimodendron halodendron*). Подтверждает возможность использования растений в качестве показателей загрязнения ^3H грунтовых вод установленная зависимость удельной активности ^3H в свободной воде растений от удельной активности ^3H в грунтовых водах [11].

Помимо грунтовых вод на территории СИП были установлены определенные практические данные о возможной способности растений концентрировать радионуклид ^3H из воздуха. Об этом говорят данные его повышенного содержания в растениях на территориях, где поверхностные источники ^3H отсутствуют, а содержание в грунтовых водах находится ниже предела обнаружения используемого аппаратурно-методического обеспечения. В данном случае, это равнинные участки с характерной степной ксерофитной растительностью. Значения удельной активности ^3H в свободной воде растений варьируют от 0,001 Бк/кг до 0,23 кБк/кг. Своего рода подтверждением накопления радионуклида ^3H в растениях из воздуха для отдельных участков СИП служат его значимые концентрации в органической составляющей растений и почве. Подобные данные получены ранее и другими учеными [12], которые также указывали на повышенные концентрации радионуклида ^3H в органической составляющей и связывали это с непостоянством выпадений ^3H в окружающую среду.

Таким образом, представленные данные показывают перспективность использования растений для оценки содержания радионуклидов в абиотических компонентах

окружающей среды – в частности таких, как вода и воздух, которые являются непостоянными в силу своего агрегатного состояния и способны дать лишь фактическую информацию о радиоактивном загрязнении на момент отбора. Растения, так же как и почва, являются более интегральными показателями. Причем, если в почве радионуклиды могут «размазываться» за счет миграции по почвенному профилю, то растения за счет своей накопительной способности могут быть более показательными – группы растений определенного видового состава, могут характеризовать радиационную ситуацию за определенный отрезок времени, связанный с продолжительностью жизни, как отдельных видов растений, так и отдельных их органов.

Список литературы:

1. Алексахин Р.М. Сельскохозяйственная радиэкология / Р.М. Алексахин, В.Г. Васильев, В.А. Дикарев, В.А. Егорова [и др.]. – М.: Экология, 1992. – 400 с.
2. Вернадский В.И. Избранные сочинения / В.И. Вернадский. – Т. 5. – Москва: Изд-во АН СССР, 1960. – 422 с.
3. Тимофеев-Ресовский Н.В. Избранные труды / Н.В. Тимофеев-Ресовский; под ред. акад. О.Г. Газенко и акад. РАМН В.И. Иванова. – М.: Медицина, 1996. – 480 с.
4. Гулякин И.В. Сельскохозяйственная радиобиология / И.В. Гулякин, Е.В. Юдинцева – Москва: Изд-во «Колос», 1973. – 272 с.
5. Куликов И.В. Радиэкология почвенно-растительного покрова/ И.В. Куликов, И.В. Молчанова, Е.Н. Караваева. - Свердловск: УрО Ан СССР, 1990. – С. 61-76.
6. Романов Г.Н. Некоторые количественные характеристики непосредственного загрязнения наземной части растений глобальными радиоактивными выпадениями / Г.Н. Романов, В.А. Уханова // Доклады ООН. – Москва: Изд-во «Атомиздат», 1969. – С. 11-18.
7. Fesenko S.V. Dynamics of ^{137}Cs bioavailability in a soil-plant system in areas of the Chernobyl Nuclear Power Plant accident zone with a different physico-chemical composition of radioactive fallout / S.V. Fesenko, S.I. Spiridonov, N.I. Sanzharova, R.M. Alexakhin // Journal of Environmental Radioactivity. – 1997. – Vol. 34. - Issue 3. – P. 287-313.
8. МИ 5.06.001.98 РК «Активность радионуклидов в объемных образцах. Методика выполнения измерений на гамма-спектрометре МИ 2143-91» - 18 с.
9. Методика определения изотопов плутония-(239+240), стронция-90, америция-241 в объектах окружающей среды: МИ 06-7-98. – Алматы, 1998.
10. ISO 9698-1989 /Е/ «Качество воды – определение активности трития, соответствующей данной концентрации – жидкостной метод сцинтилляционного счета».
11. Larionova, N.V. Plants as indicators of tritium concentration in ground water at the Semipalatinsk test site / N.V. Larionova, S.N. Lukashenko, O.N. Lyakhova, A.O. Aidarkhanov, S.B Subbotin, A.B. Yankauskas // Journal of Environmental Radioactivity. – 2017. - Vol. 177. - P. 218-224.
12. Mihok, S. Tritium dynamics in soils and plants grown under three irrigation regimes at a tritium processing facility in Canada / S. Mihok, M. Wilk, A. Lapp, N.St-Amant, N.-O.A.Kwamena, I.D.Clarkb// Journal of Environmental Radioactivity. – 2016. - Vol. 153. - P. 176-187.

**USE OF PLANTS FOR ASSESSING RADIONUCLIDE CONTAMINATION
IN ABIOTIC ENVIRONMENTAL MEDIA**

N.V. Larionova, O.N. Lyakhova, A.O. Aidarkhanov

*Branch “Institute of Radiation Safety and Ecology”, Republican State Enterprise
“National Nuclear Center” of the Republic of Kazakhstan”, Kurchatov city, 071100,
Republic of Kazakhstan, e-mail: larionova@nnc.kz*

Abstract

Based on research undertaken at Semipalatinsk Test Site (STS), the paper addresses usability of plants for assessing radionuclide contamination in abiotic environmental media. Results presented have shown that plants can be indicators of radionuclides contained in soil cover and water not only at the surface of respective areas but also can characterize deeper soil layers as well as ground water. Practical data is also given on a potential capacity of plants to concentrate tritium from air.

ОПТИМАЛЬНАЯ ТРАНСПОРТНАЯ ЗАДАЧА ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

Ш.Ш. Латипов; А.Ш. Абдусаматов; Н.З. Керимзатов

Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова,
Республика Узбекистан, e-mail: lsherkhon@mail.ru

Это транспортные задачи в так называемой классической постановке. В реальных схемах электрических сетей часто оказывается целесообразной передача мощности через промежуточные (транзитные) узлы [1]. Такими транзитными узлами могут быть как узлы источников питания, так и узлы потребителей.

На рис. 1.в, приведены простейшие схемы электрических сетей, поясняющие понятие "транзит мощности".

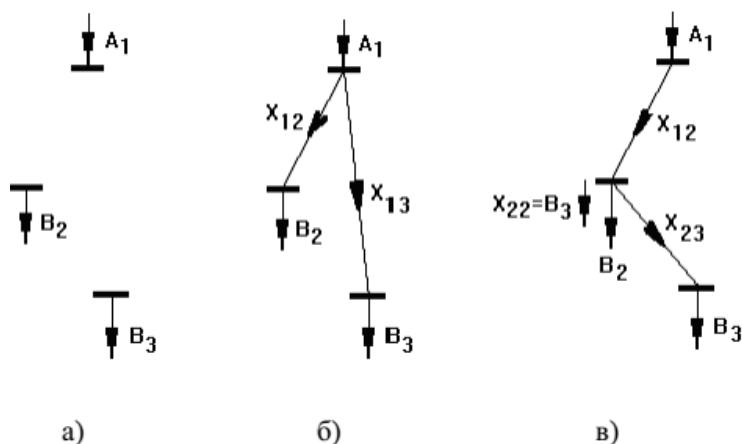


Рис.1. Поясняющие схемы к понятию "транзит мощности"

На рис.1,а показано взаимное расположение узлов источника A_1 и потребителей B_2 и B_3 . При классической постановке транспортной задачи оптимальная схема электрической сети будет иметь вид, показанный на рис. 1.б. Очень возможно, что эта схема будет дороже, чем схема, приведенная на рис. 1.в, в которой мощность к потребителю B_3 передается через промежуточный (транзитный) узел потребителя B_2 [1-4].

Величина транзитной мощности, передаваемой через узел B_2 , равна мощности потребителя B_3 , т.е. $x_{22} = B_3$.

Транзитная мощность обозначена переменной с двумя одинаковыми индексами, соответствующими номеру узла, через который она протекает. Можно показать, что транзитным узлом может быть и узел источника питания. Таким образом, транспортная задача с транзитом мощности является более общей задачей и имеет более широкие возможности по оптимизации схемы электрической сети, чем транспортная задача в классической постановке [2]. При решении транспортных задач с транзитом мощности с количеством источников n и количеством потребителей m всем узлам схемы присваивается единая нумерация $1, 2, \dots, (n + m)$. Целевая функция представляет собой сумму произведений стоимостей на величины передаваемых мощностей от узла i к узлу j

$$Z = \sum_{i=1}^{n+m} \sum_{j=1}^{n+m} z_{ij} x_{ij} \rightarrow \min, i \neq j \quad (1)$$

Стоимость передачи мощности между узлами i и j не зависит от направления этой мощности, поэтому в рассматриваемой задаче принимается $z_{ij} = z_{ji}$. Для оценки

затрат z_{ij} на передачу через i -й узел транзитной мощности x_{ij} обратимся к рис. 1, в. Затраты на электрическую сеть, показанную на этом рисунке, составляют $Z = z_{12}x_{12} + z_{23}x_{23}$. Транзитная мощность x_{22} и затраты z_{22} на ее передачу через узел 2 не входят в выражение целевой функции Z . Следовательно, затраты на передачу транзитной мощности через любой i -й узел $z_{ij} = 0$. Как и в классической транспортной задаче, ограничениями в транспортной задаче с транзитом будут балансы мощности во всех узлах. В частности, для узла B_2 схемы рис. 1, в баланс мощности запишется в виде $x_{12} = B_2 + x_{22}$ или $x_{12} - x_{22} = B_2$. В общем случае для любого j -го потребителя сумма мощностей, притекающих от всех других узлов, за вычетом транзитной мощности x_{ij} равна мощности этого потребителя

$$\sum_{i=1, i \neq j}^{n+m} x_{ij} - x_{jj} = B_j. \quad (2)$$

Аналогично можно записать уравнение баланса мощности для любого i -го источника. Сумма мощностей, оттекающих от i -го источника ко всем другим узлам, за вычетом транзитной мощности x_{ij} равна мощности этого источника

$$\sum_{j=1, j \neq i}^{n+m} x_{ij} - x_{ii} = A_i. \quad (3)$$

Для решения транспортной задачи с транзитом мощности составляется транспортная матрица. Алгоритм решения транспортной задачи с транзитом мощности практически не отличается от алгоритма решения классической транспортной задачи [3]. Отметим отличительные особенности транспортной задачи с транзитом мощности, часть из которых уже упоминалась выше:

1. Всем n узлам источников и m узлам потребителей присваивается сквозная нумерация 1, 2, ... ($n + m$).

2. Считается, что через любой i -й узел может передаваться транзитная (промежуточная) мощность x_{ij} .

3. Стоимости передачи транзитной мощности $z_{ij} = 0$.

4. Транспортная матрица является квадратной и имеет размерность $(n + m) * (n + m)$.

5. Транзитные переменные x_{ij} входят в решение задачи (в транспортную матрицу) со знаком минус.

6. Вне зависимости от значения все транзитные переменные считаются базисными.

Исходными данными являются:

В проектируемой системе электроснабжения имеется 2 узла источников питания и 2 узла потребителей. Мощности источников составляют $A_1=200$ и $A_2=100$ *МВт*, а мощности потребителей - $B_3=180$ и $B_4=120$ *МВт*. Затраты на передачу мощностей по линиям между узлами составляют $z_{12}=10*147500$, $z_{13}=5*147500$, $z_{14}=2*147500$, $z_{23}=4*147500$, $z_{24}=3*147500$ и $z_{34}=2*147500$ *сум / МВт*. Требуется найти оптимальную схему электрической сети. В соответствии с условиями задачи принята следующая сквозная нумерация узлов A_1 , A_2 , B_3 и B_4 . Составим транспортную матрицу. Эта матрица будет квадратной размерностью 4×4 (табл. 1).

Справа от матрицы, где помещены мощности источников питания, указаны нулевые мощности узлов 3 и 4 ($B_3=0$, $B_4=0$), поскольку эти узлы не являются источниками. Снизу под матрицей, где помещены мощности потребителей, указаны нулевые мощности узлов 1 и 2 ($A_1=0$, $A_2=0$), поскольку эти узлы не являются потребителями. Исходное допустимое решение найдено методом наименьшей стоимости. В полученном допустимом решении свободные переменные

$x_{12} = x_{21} = x_{24} = x_{31} = x_{32} = x_{34} = x_{41} = x_{42} = x_{43} = 0$;
 базисные переменные $x_{11} = x_{22} = x_{33} = x_{44} = 0$, $x_{13} = 80, x_{14} = 120, x_{23} = 100$ МВт.;
 значение целевой функции
 $Z = z_{13} * x_{13} + z_{14} * x_{14} + z_{23} * x_{23} = 5 * 147500 * 80 + 2 * 147500 * 120 + 4 * 147500 * 100 = 153400000$ сум.

Таблица 1

Транспортная матрица

	$U_1=147500$	$U_2=295000$	$U_3=885000$	$U_4=442500$	
$V_1=-1147500$	0 0	0 1475000	80 - 737500	120 + 295000	$A_1=200$
$V_2=-295000$	0 1475000	0 0	100 590000	0 442500	$A_2=100$
$V_3=-885000$	0 737500	0 590000	0 0	0 295000	$B_3=0$
$V_4=-442500$	0 295000	0 442500	0 + 295000	0 - 0	$B_4=0$
	$A_1=0$	$A_2=0$	$B_3=180$	$B_4=120$	$Z=153400000$ сум

Присвоим каждой строке потенциал V_i , а каждому столбцу - потенциал U_j . В соответствии с методом потенциалов для всех базисных переменных сумма потенциалов равна стоимости

$$V_i + U_j = z_{ij} \quad (4)$$

Зададимся произвольно значением одного из потенциалов ($U_1=1$). Вычисленные значения остальных потенциалов показаны в табл.1. Поскольку для базисных транзитных переменных стоимости $z_{ij} = 0$, потенциалы с одинаковыми индексами равны по величине и противоположны по знаку $V_i = -U_j$. Полученному исходному допустимому решению отвечает схема электрической сети, приведенная на рис. 2а. Попробуем улучшить полученное решение.

Для всех свободных переменных проверим соотношение суммы потенциалов стоимостью. Для свободной переменной x_{34}

$$V_3 + U_4 = 885000 - 442500 = 442500 \text{ сум} > z_{34} = 295000 \text{ сум}.$$

Следовательно, свободную переменную x_{34} следует перевести в базис. Для этой переменной строим цикл (табл. 2). Начальная вершина цикла лежит в клетке свободной переменной x_{34} . Остальные вершины цикла лежат в клетках, соответствующих базисным переменным x_{13} , x_{14} и x_{44} . Начальной вершине присваиваем знак "+", далее знаки вершин цикла чередуются.

При увеличении свободной переменной x_{34} базисная переменная x_{14} будет увеличиваться, а базисные переменные x_{13} и x_{44} будут уменьшаться. Поскольку транзитная базисная переменная x_{44} входит в решение задачи со знаком "минус", ее изменение в отрицательную сторону не ограничено. Уменьшение базисной переменной $x_{13}=80$ МВт ограничено нулевым значением. Поэтому значения всех переменных в вершинах цикла следует изменить на 80 МВт.

В новом допустимом решении (табл. 2)

свободные переменные $x_{12} = x_{13} = x_{21} = x_{24} = x_{31} = x_{32} = x_{34} = x_{41} = x_{42} = 0$;

базисные переменные $x_{11} = x_{22} = x_{33} = 0$, $x_{44} = -80$, $x_{14} = 200$, $x_{23} = 100$, $x_{43} = 80$ МВт.;

значение целевой функции

$$Z = z_{14} x_{14} + z_{23} x_{23} + z_{43} x_{43} = 2 * 147500 * 200 + 4 * 147500 * 100 + 2 * 147500 * 80 = 141600000 \text{ сум}$$

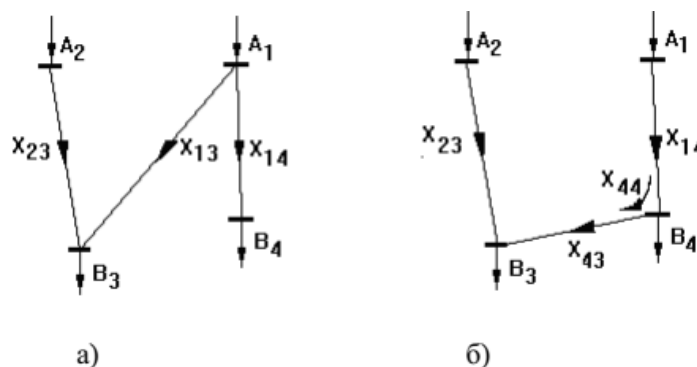


Рис. 2. Исходная (а) и оптимальная (б) схемы электрической сети

Таблица 2

Транспортная матрица

	$U_1=147500$	$U_2=147500$	$U_3=737500$	$U_4=442500$	
$V_1=-147500$	0 0	0 1475000	0 737500	200 295000	$A_1=200$
$V_2=-147500$	0 1475000	0 0	100 590000	0 442500	$A_2=100$
$V_3=-737500$	0 737500	0 590000	0 0	0 295000	$B_3=0$
$V_4=-442500$	0 295000	0 442500	80 295000	-80 0	$B_4=0$
	$A_1=0$	$A_2=0$	$B_3=180$	$B_4=120$	$Z=141600000$ сум

Следовательно, перевод любой свободной переменной в базис не улучшит решения. Полученное решение является оптимальным. Оптимальная схема электрической сети показана на рис. 2 б.

Список литературы:

1. Фазылов Х.Ф., Насыров Т.Х. Установившиеся режимы электроэнергетических систем и их оптимизация. – Т.: Молия, 1999. - Вып. 2 – С. 32 – 45.
2. Автоматизация диспетчерского управления в электроэнергетике/Под общ. ред. Ю.Н. Руденко и В.А. Семенова. –М.: Издательство МЭИ, 2000.
3. Гайибов Т.Ш. Методы и алгоритмы оптимизации режимов электроэнергетических систем. Т.: Изд. ТашГТУ, 2014.
4. Насыров Т.Х., Гайибов Т.Ш. Теоретические основы оптимизации режимов энергосистем. – Т.: «Фан ва технология», 2014.

OPTIMUM TRANSPORT PROBLEM OF ELECTRIC POWER INDUSTRY

S.S. Latipov, A.S. Abdusamatov, N.Z. Kerimzatov

*Tashkent state technical university of a name of Islam Karimov, Republic of Uzbekistan,
e-mail: lsherkhon@mail.ru*

Abstract

In paper the algorithm of optimum distribution of power of electric networks on the basis of use of methods of discrete programming is presented. Results of settlement experiments are yielded.

ВЛИЯНИЕ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ПОСЕВНЫЕ КАЧЕСТВА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Н.Н. Лой, Н.И. Санжарова, С.Н. Гулина, О.В. Сулова

*Всероссийский научно-исследовательский институт радиэкологии,
г. Обнинск, 249032, Россия, e-mail: loy.nad@yandex.ru*

Ионизирующее излучение (ИИ) может оказывать стимулирующее действие на рост и развитие растений. Для сельскохозяйственных культур положительные эффекты предпосевного облучения семян выражаются в ускорении роста и развития, стимуляции иммунитета, увеличении сопротивляемости стрессам различной природы [1].

Воздействие ИИ в низких дозах запускает адаптивные реакции, в результате которых происходит усиление восстановительных процессов и сверхактивация метаболизма, что приводит к интенсификации роста и развития растений [2].

Модифицирующими факторами эффективности предпосевного облучения могут служить такие факторы, как - влажность и возраст семян, почвенно-климатическая зона возделывания, мощность дозы излучения, сортовые особенности культуры и другие [1].

В связи с этим целью исследований являлось изучение влияния предпосевного гамма-облучения семян гибрида кукурузы Катерина на посевные качества, морфометрические показатели развития проростков и пораженность их болезнями.

Исследования проводили на гибриде кукурузы (*Zea mays* L.) Катерина. Характеристика гибрида – холодостойкий, раннеспелый, универсального направления использования, устойчив к прикорневому полеганию и пузырчатой головне, среднеустойчив к стеблевым гнилям.

Семена кукурузы с кондиционной влажностью (10%) облучали на гамма-установке ГУР-120 (ВНИИРАЭ) дозами 30, 60, 90 и 120 Гр. Мощность дозы излучения 100 Гр/ч.

После облучения семена проращивали в рулонах согласно ГОСТ 12038-84 [3]. Закладку семян на проращивание проводили с различным пострadiaционным периодом (ПП) - сразу после облучения - 0 суток, через 7 и 14 суток. Критериями оценки действия ИИ при облучении семян служили – лабораторная всхожесть, сила роста семян, длина ростка и корешка, сырая и сухая биомасса проростков, пораженность болезнями.

Пораженность проростков грибными болезнями определяли по методике [4]. Повторность в опыте 4-х кратная.

Полученные экспериментальные данные обработаны с применением пакета прикладных программ в составе Microsoft Excel 2003.

При оценке влияния облучения семян на посевные качества семян установлено, что при пострadiaционном периоде 0 суток лабораторная всхожесть в вариантах с облучением не отличалась значимо от контроля. С увеличением времени от облучения до проращивания произошло снижение лабораторной всхожести на 3% при дозе 90 Гр (ПП 7 суток) и на 5% при дозе 60 Гр и пострadiaционном периоде 14 суток (рис. 1а).

По показателю «сила роста семян» отмечены те же зависимости от облучения, что и по лабораторной всхожести – отсутствие влияния при пострadiaционном периоде 0 суток и уменьшение показателя на 4% (доза 90 Гр) при пострadiaционном периоде 7 суток и на 5% (доза 30 Гр) и 6% (доза 60 Гр) при пострadiaционном периоде 14 суток (рис. 1б).

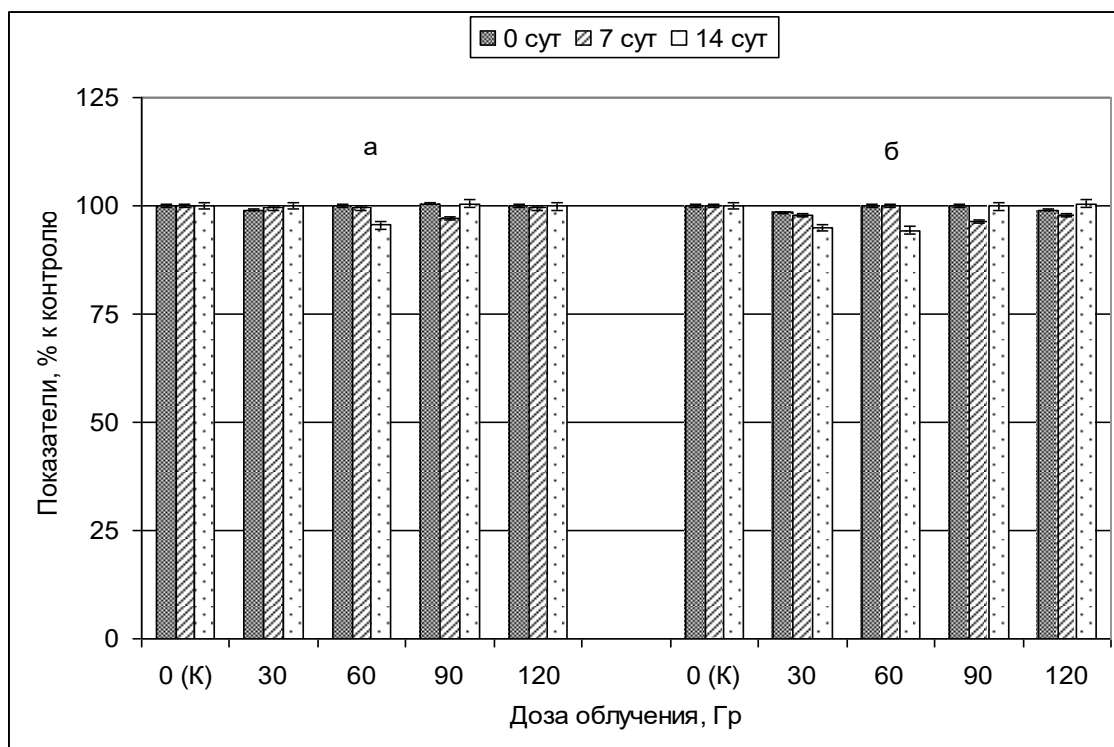


Рис. 1. Влияние гамма-облучения на лабораторную всхожесть (а) и силу роста семян (б)

Предпосевное гамма-облучение кукурузы дозами 30, 60 и 90 Гр на уровне тенденции стимулировало развитие проростков - длина ростка превышала контрольные значения на 2-5% при всех изученных пострadiационных периодах, но наибольший положительный эффект отмечен при ПП 14 суток. Облучение семян дозой 120 Гр ингибировало развитие проростков кукурузы – длина ростков была на 9% ниже, чем в контроле (рис. 2а).

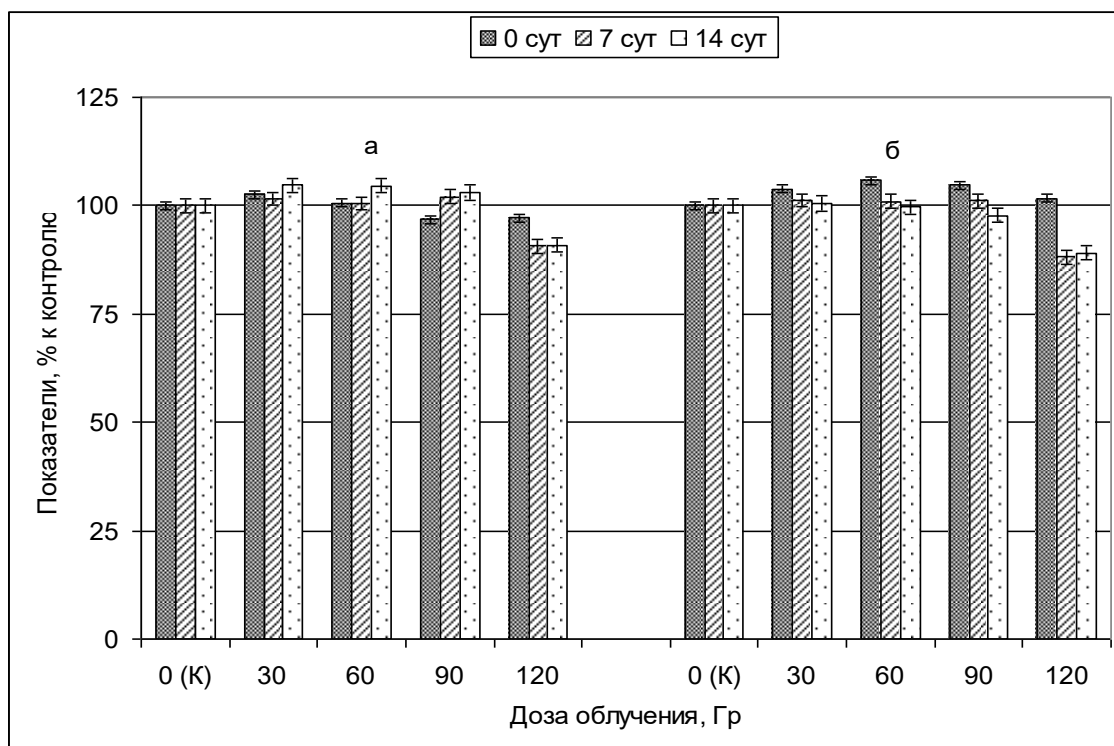


Рис. 2. Влияние облучения на длину ростка (а) и корешка (б) проростков

При пострadiaционном периоде 0 суток гамма-облучение кукурузы при всех изученных дозах стимулировало развитие корешков – отмечено увеличение их длины на 2-6% (рис. 2б). При пострadiaционном периоде 7 и 14 суток длина корешков при дозах 30-60 Гр не отличалась от контроля, а при облучении семян дозой 120 Гр снижалась на 11 % (рис. 2б).

На рис. 3 показано влияние облучения на биомассу проростков кукурузы. Стимулирующее действие гамма-облучения на длину ростков и корешков, отмеченное

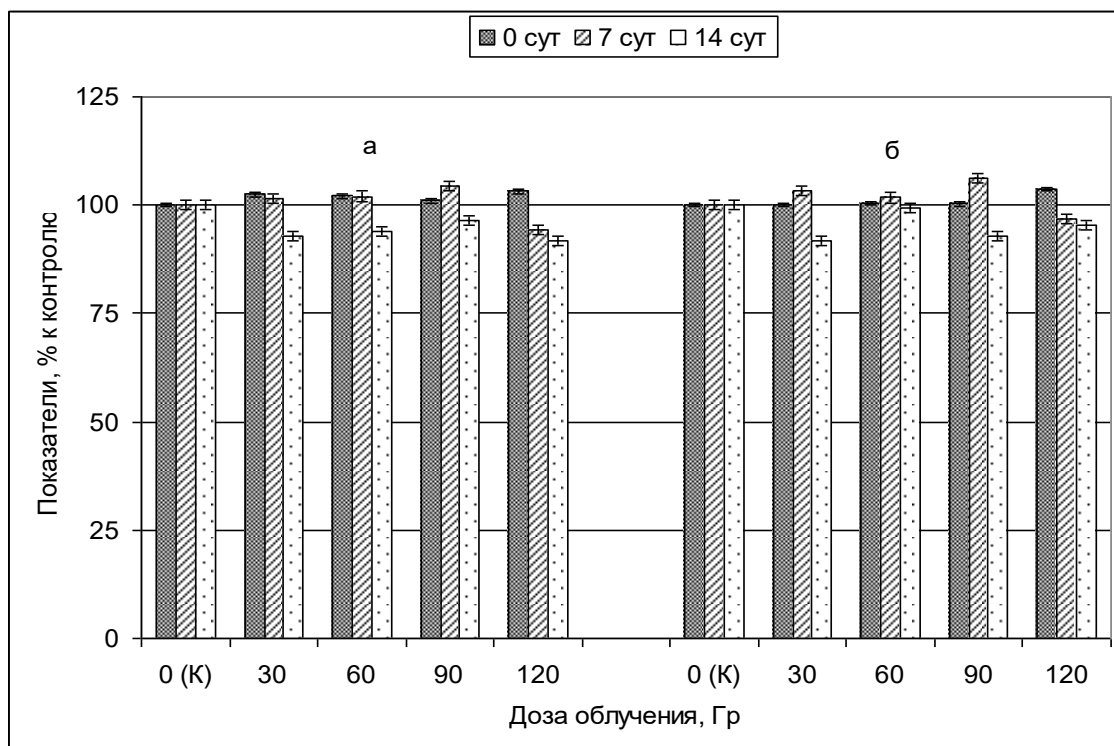


Рис. 3. Влияние облучения на сырую (а) и сухую (б) массу проростков

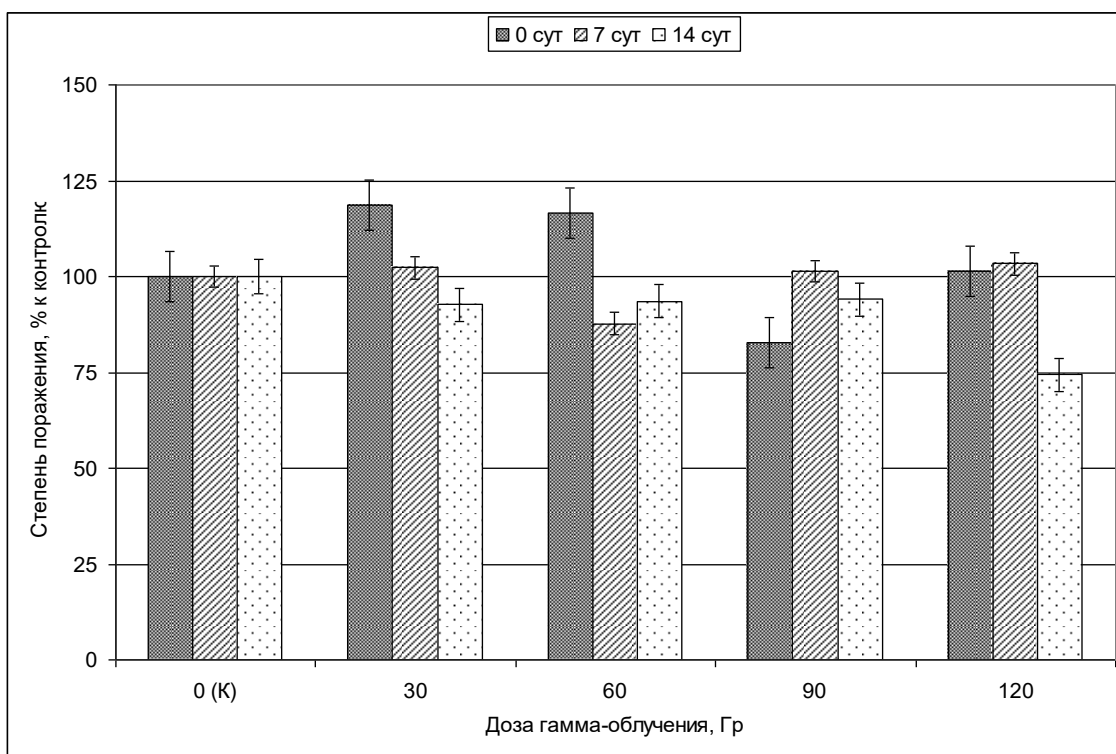
выше, сказалось на увеличении биомассы проростков. Рост показателя «сырая масса» составил 2-4%, показателя «сухая масса» - 2-6% при пострadiaционном периоде 0 и 7 суток. При пострadiaционном периоде 14 суток отмечено снижение сырой и сухой массы на 4-8% при всех дозах, а при ПП 7 суток - только при облучении дозой 120 Гр (рис. 3).

Фитоэкспертиза проростков кукурузы показала, что они поражены фузариозом (*Fusarium* sp.). Предпосевное облучение семян статистически значимо снизило степень поражения проростков фузариозом на 26% при облучении дозой 120 Гр (рис. 4а). На уровне тенденции было отмечено снижение степени поражения проростков фузариозом при облучении дозой 90 Гр (ПП 0 суток) и 60 Гр (ПП 7 суток).

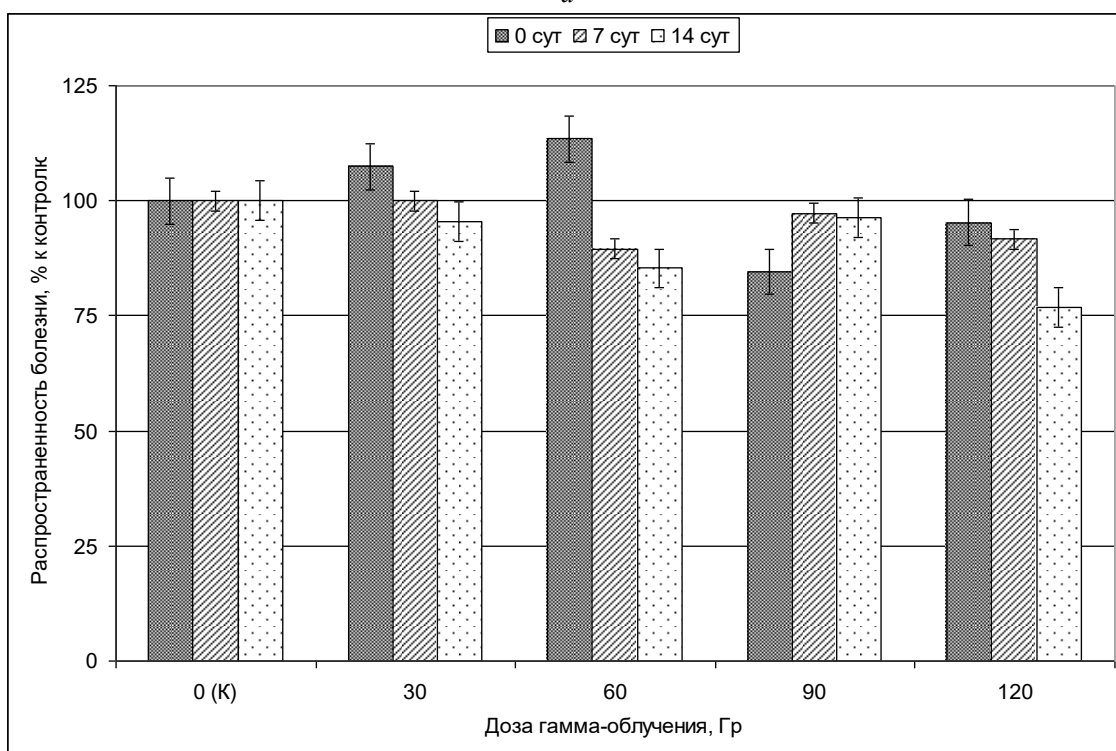
Распространенность фузариоза на проростках кукурузы достоверно снизилась на 23% при дозе 120 Гр и пострadiaционном периоде 14 суток (рис. 4б). При пострadiaционном периоде 0 (доза 90 Гр), ПП 7 и 14 суток (доза 60 Гр) распространенность уменьшилась на 10-15%.

Таким образом, в результате проведенных исследований по изучению влияния предпосевного гамма-облучения семян гибрида кукурузы Катерина на посевные качества, морфометрические показатели развития проростков и пораженность их болезнями установлено, что при пострadiaционном периоде 0 суток лабораторная всхожесть и сила роста семян не зависят от облучения, а при увеличении ПП до 7 и 14 суток снижаются на 3-5%.

Облучение семян дозами 30, 60 и 90 Гр увеличивает длину ростков и корешков кукурузы на 2-5%, а облучение дозой 120 Гр уменьшает рост проростков на 9-11%.



а



б

Рис. 4. Влияние предпосевного облучения на степень поражения (а) проростков кукурузы *Fusarium* sp и распространенность (б) болезни

Сырая и сухая биомасса проростков при этом возрастала на 2-6% при пострадиационном периоде 0 и 7 суток и снижалась на 4-8% при ПП 14 суток.

Гамма-облучение кукурузы перед посевом подавляет степень поражения проростков фузариозом на 26% и распространенность болезни на 23% только при максимальной дозе 120 Гр.

Таким образом, результаты исследований показали, что эффективность предпосевного гамма-облучения семян кукурузы сорта Катерина зависит от дозы облучения

и величины пострadiaционного периода. Установлено, что облучение в дозах 30-90 Гр стимулирует рост проростков и не оказывает существенного влияния на посевные качества семян, а доза в 120 Гр снижает биометрические показатели сеянцев и снижает их заболеваемость *Fusarium* sp.

Список литературы:

1. Преображенская, Е.И. Радиоустойчивость семян растений / Е.И. Преображенская. – М.: Атомиздат, 1971. – 231 с.
2. Петин, В.Г. Радиационный гормезис при действии малых доз ионизирующего излучения: учебное пособие по курсу «Экологическая биофизика» / В.Г. Петин, М.Д. Пронкевич. – Обнинск: ИАТЭ НИЯУ МИФИ, 2012. – 73 с.
3. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения качества. Часть 2. Государственные стандарты Союза ССР. ГОСТ 12038-84.- М.: 1991. С. 44-101.
4. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения зараженности болезнями. Часть 2. Государственные стандарты Союза ССР. ГОСТ 12044-81.- М.: 1991. С. 243-279.

**EFFECT OF IONIZING RADIATION ON THE CREATING
QUALITIES OF AGRICULTURAL CROPS**

N.N. Loy, N.I. Sanzharova, S.N. Gulina, O.V. Suslova
*Russian Scientific Research Institute of Radiology and Agroecology,
Obninsk, Russia, e-mail: loy.nad@yandex.ru*

Abstract

It is shown that the effectiveness of pre-sowing gamma irradiation of maize seeds of the Katerina variety depends on the radiation dose and the magnitude of the post-radiation period. It was established that irradiation in doses of 30-90 Gy stimulates the growth of seedlings and does not significantly affect the sowing qualities of seeds, and a dose of 120 Gy reduces the biometric indicators of seedlings and reduces their incidence of *Fusarium* sp.

ПРОТИВОПОЖАРНОЕ ОБУСТРОЙСТВО ЛЕСОВ В СЕВАСТОПОЛЬСКОМ ЛЕСНИЧЕСТВЕ

Л.И. Лукина¹, О.К. Тохтамыш², О.И. Мастепанова¹

¹ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,
г. Севастополь, 299053, Россия, e-mail: liluk.05@mail.ru;

²Государственное автономное учреждение Севастопольский лесхоз

Лес, на долю которого приходится 30% суши, занимает главное место в системе факторов глобального сохранения среды обитания на Земле, являясь естественным эффективным оптимизатором экологических условий. Он способствует нейтрализации возможных негативных последствий стихийных бедствий. Хищническое уничтожение планетарных лесов, уменьшение их площадей приводит к недостатку кислорода на планете, изменению гидрологического режима, усилению таких явлений, как наводнения, оползни, селовые потоки.

Россия является лидером по запасам леса. На земли лесного фонда приходится 1146 тыс. га. Использование, охрана, защита, воспроизводство лесов осуществляются в соответствии с лесным законодательством [1]. Вырубка лесов, лесные пожары и выжигание растительности являются прямыми антропогенными воздействиями. Площадь лесов в России в результате вырубки и лесных пожаров уменьшается примерно на 2 млн. га ежегодно. Так, только за 10 апреля 2019 г. было ликвидировано 25 крупных лесных пожаров и несколько сот возгораний, основной причиной которых являются выжиги сухой прошлогодней травы.

Крым представляет собой уникальный регион, в котором одним из природных богатств является лес. В Крыму лесные территории являются основным местом накопления атмосферной влаги. Они способствуют повышению дебета водных источников, обеспечивают поступление воды в горные ручьи и реки. Курортные города Алушта, Ялта, крупные промышленные города Симферополь, Севастополь и большое количество населенных пунктов обеспечиваются питьевой водой за счет лесных водосборов. Лес способствует функционированию ряда отраслей экономики Крыма, в том числе направлению рекреации и туризма, индустрии отдыха.

В послевоенные годы за счет лесопосадок и лесомелиорации площадь лесов в Крыму росла. Только в окрестностях Севастополя были высажены тысячи гектар лесных насаждений, в основном сосновых. Однако с конца 90-х гг. прошлого века в Крыму в результате антропогенной деятельности происходит обезлесивание территорий. Проблема уменьшения лесных площадей в Крыму стоит особенно остро. Основным фактором уменьшения лесных площадей являются лесные пожары. Для восстановления 1 га хвойного леса требуется высадить до 3 до 5 тысяч саженцев. Срок для смыкания крон деревьев составляет 14–15 лет. Новый лес, если не будет новых пожаров, сможет подняться на горельниках не раньше, чем через 80-100 лет

Из года в год лесные пожары наносят непоправимый ущерб крымским лесам, уничтожают деревья, кормовые базы диких зверей, гнездовья птиц. При этом до 90% лесных пожаров возникает по вине людей, в том числе в результате поджогов сухой травы по весне, по вине туристов из-за оставленных костров, горящих спичек и тлеющих сигарет и даже просто осколков бутылочного стекла. Проблема организации охраны лесов от пожаров является актуальной.

Целью данной работы является анализ деятельности Государственного автономного учреждения (ГАУ) «Севастопольский лесхоз», направленной на организацию использования лесов, их охраны, в том числе осуществление мер пожарной безопасности и тушения лесных пожаров, защиты и воспроизводства лесов.

Общая площадь лесов города Севастополя по состоянию на 1 января 2018 года составляла 34,3 тыс. га. Основными лесообразующими породами являются: сосна крымская, сосна Станкевича, орех грецкий, осина, дуб скальный, граб скальный, вяз гладкий, миндаль обыкновенный, черешня, лещина, можжевельник высокий.

Профилактикой и тушением пожаров занимается Государственное автономное учреждение (ГАУ) «Севастопольский лесхоз», являющийся подразделением Управления лесного и охотничьего хозяйства города Севастополя - исполнительного органа государственной власти города в области лесных отношений. В тушении пожаров участвуют подразделения МЧС.

Деятельность ГАУ «Севастопольский лесхоз» направлена на:

- организацию использования лесов, их охраны (в том числе осуществление мер пожарной безопасности и тушения лесных пожаров), защиты и воспроизводства лесов;
- осуществление государственного лесного надзора (лесной охраны) и государственного пожарного надзора в лесах;
- ведение государственного лесного реестра;
- осуществление государственного учета древесины;
- противопожарное обустройство лесов;
- исполнение Лесного плана и Лесохозяйственного регламента;
- организацию и осуществление сохранения и использования охотничьих ресурсов и среды их обитания

В перечень работ по профилактике и тушению пожаров, входят:

1. Охрана лесов от пожаров и противопожарное обустройство лесов:

- ремонт лесных дорог, предназначенных для охраны лесов от пожаров;
- устройство минерализованных полос (рис.1, а);
- уход за противопожарными минерализованными полосами;
- уход за противопожарными разрывами;
- ремонт шлагбаумов, обеспечивающих ограничение въезда транспортных средств в лесные массивы с целью обеспечения пожарной безопасности;
- размещение стендов, содержащих информацию о мерах пожарной безопасности в лесах (рис.1, б);
- мониторинг пожарной опасности в лесах и лесных пожаров, организация наземного патрулирования лесов, тушение лесных пожаров с использованием наземных средств.



Рис. 1. Противопожарное обустройство лесов: *а* – минерализованные полосы; *б* – стенды с информацией о мерах пожарной безопасности.

2. Воспроизводство лесов: уход за лесами (рубки ухода и выборочные санитарные рубки).

3. В целях улучшения санитарного состояния лесов - зачистка их территорий от бытового мусора, оставленного туристами на местах отдыха.

4. Выявление нарушений - незаконная рубка, повреждение лесных насаждений или самовольное выкапывание в лесах деревьев, кустарников, лиан.

Проанализированы данные по общему количеству пожаров в Севастопольском лесничестве за период 2014-2017 гг. (рис.2)

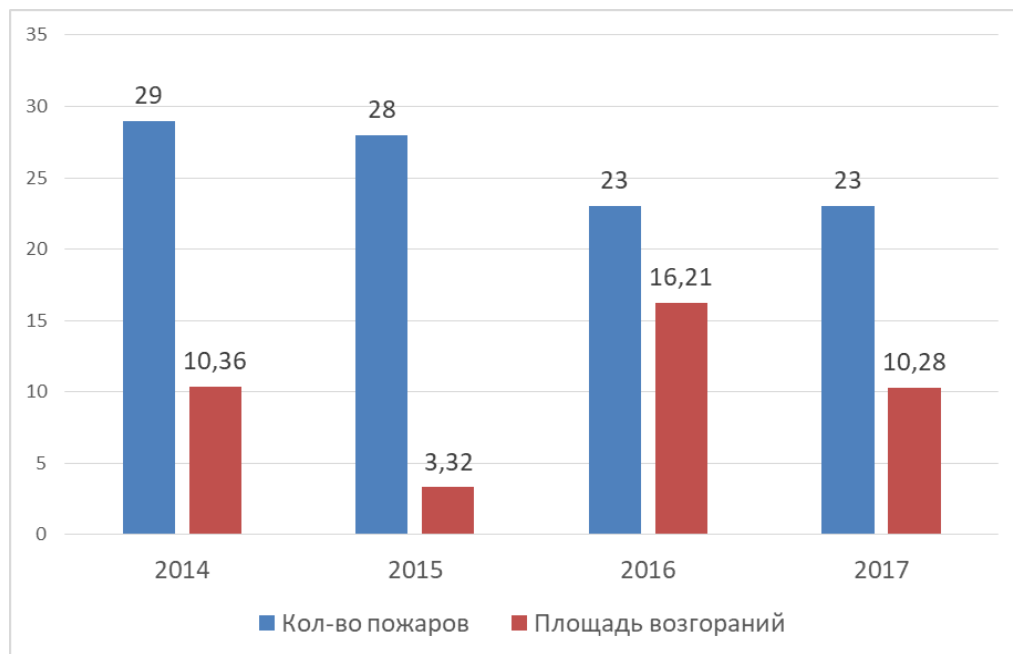


Рис. 2. Количество пожаров и площадь возгораний в Севастопольском лесничестве за период 2014-2017 гг.

В 2015 году на территории Севастопольского лесничества было ликвидировано 28 лесных пожаров на общей площади 3,32 га, ущерб лесу не причинен. Средняя площадь пожара составляет – 0,12 га.

В то же время, за аналогичный период 2014 года было ликвидировано 29 лесных пожаров, общей площадью 10,37 га. Ущерб, причиненный лесу в 2014 году, составил 2134,9 тыс. рублей. Средняя площадь пожара за 2014 год составила – 0,358 га.

В 2016 г. общее количество пожаров уменьшилось и составляло 23, однако общая площадь возгораний значительно увеличилась и составила 16,21 га.

В 2017 г. на территории Севастопольского лесничества произошло также 23 пожара, однако их площадь уменьшилась до 10,28 га.

Государственной лесной охраной проводятся рейды по пресечению нарушений лесного и природоохранного законодательства, проводятся беседы с гражданами о последствиях таких нарушений. Так, в 2015 г. государственной лесной охраной ГАУ «Севастопольский лесхоз» было проведено 495 рейдов, выявлено 168 нарушений, 22 материала по фактам незаконных рубок лесных насаждений направлены в ОМВД России по городу Севастополю. Общая сумма ущерба, причиненная лесу, составила 8 757,7 тыс. рублей. Оформлено 136 протоколов об административном правонарушении, вынесено 136 постановлений о назначении административного наказания на общую сумму 279 тыс. рублей. По пяти материалам возбуждены уголовные дела. С гражданами было проведено 5001 бесед о недопущении нарушений лесного и природоохранного законодательства.

С началом пожароопасного сезона на территории г. Севастополя организуется круглосуточное дежурство работников лесопожарной службы ГАУ «Севастопольский лесхоз» на пунктах сосредоточения пожарного инвентаря, находящихся в Севастопольском, Терновском, Чернореченском, Мекензиевском, Орлиновском (урочище

«Ласпи») участковых лесничествах, что позволяет повысить оперативность тушения лесных пожаров в удаленных районах. Систематически проводятся учения и комплексные тренировки по отработке действий, направленных на ликвидацию лесных пожаров, выявляются нарушения лесного и природоохранного законодательства и пожарной безопасности.

Так, марте 2016 года была проведена совместная комплексная тренировка по отработке действий органов управления и сил Севастопольской городской территориальной подсистемы МЧС при возникновении чрезвычайных ситуаций, вызванных крупным очагом природных пожаров на территории города Севастополя (рис.2). В тренировке приняли участие 275 человек и 35 единиц техники, в том числе 36 человек и 10 единиц техники ГАУ «Севастопольский лесхоз».

С началом пожароопасного сезона на территории г. Севастополя организуется круглосуточное дежурство работников лесопожарной службы ГАУ «Севастопольский лесхоз» на пунктах сосредоточения пожарного инвентаря, находящихся в Севастопольском, Терновском, Чернореченском, Мекензиевском, Орлиновском (урочище «Ласпи») участковых лесничествах, что позволяет повысить оперативность тушения лесных пожаров в удаленных районах. Систематически проводятся учения и комплексные тренировки по отработке действий, направленных на ликвидацию лесных пожаров, выявляются нарушения лесного и природоохранного законодательства и пожарной безопасности.

Так, марте 2016 года была проведена совместная комплексная тренировка по отработке действий органов управления и сил Севастопольской городской территориальной подсистемы МЧС при возникновении чрезвычайных ситуаций, вызванных крупным очагом природных пожаров на территории города Севастополя (рис.3). В тренировке приняли участие 275 человек и 35 единиц техники, в том числе 36 человек и 10 единиц техники ГАУ «Севастопольский лесхоз».



Рис. 3. а, б – Совместная комплексная тренировка МЧС и ГКУ «Севастопольский лесхоз» по отработке действий в случае возникновения лесных пожаров.

С целью улучшения пожарной безопасности в лесах Севастополя и Крыма намечено выполнение следующих мероприятий:

- завершение работы по кадастрированию земельных участков, занятых лесами, и постановка их на кадастровый учет;
- завершение разработки и утверждение Лесохозяйственного регламента и Лесного плана города федерального значения Севастополя;
- усиление надзорной работы в сфере лесных отношений;
- рассмотрение необходимости создания на территории Орлиновского лесничества ГАУ «Севастопольское лесничество» (в районе урочища Ласпи) стационарного поста для круглосуточного пребывания дежурной группы из числа государственной лесной охраны;

- установка информационно-указательных знаков социально-положительной направленности о запрете рубок и проведения строительных работ на землях лесничества;

- предоставление копий запросов в прокуратуру города Севастополя с просьбой проверить законность выделения физическим и юридическим лицам в 2008-2013 годах земельных участков, попадающих в границы земельных участков, занятых лесами.

Вынесенное ранее предложение о необходимости оборудования урочища Ласпи со стороны смотровой площадки постоянным видеонаблюдением с трансляцией видеопотока в сеть «Интернет» реализовано, что привело к заметному сокращению правонарушений на этом участке лесного хозяйства, являющегося особо охраняемой территорией.

Список литературы:

1. "Лесной кодекс Российской Федерации" от 04.12.2006 N200-ФЗ (ред. от 01.05.2016)
2. Правила пожарной безопасности. – Приказ МЧС РФ от 18.06.2003, №313.
3. Постановление Правительства РФ «О противопожарном режиме» от 25.04.2012, № 330.
4. Драган Н.А. О воздействии пожаров на лесные почвы заповедников в Крыму // Н.А. Драган, Е.А. Саганяк. Заповедники Крыма – 2013. Материалы У11 Международной научно-практической конференции – Симферополь, 2013. – с. 68-96.
5. Кацай И.А. Пожары как фактор дестабилизации состояния заповедных лесов Крыма и вопросы лесовосстановления // И.А. Кацай, В.Г. Кобечинская, М.Д. Сволынский, И.П. Отурина. Заповедники Крыма – 2013. Материалы У11 Международной научно-практической конференции – Симферополь, 2013. – с.92-97.

**ANALYSIS OF ACTIVITY STATE AUTONOMOUS INSTITUTION
«SEVASTOPOL'SKIY FORESTRY» ON FIRE-FIGHTING
FOREST MANAGEMENT**

L.I. Lukina¹, O.K. Tokhtamysh², O.I. Mastepanova¹

¹*Sevastopol State University, Sevastopol, e-mail: liluk.05@mail.ru*

²*State autonomous institution «Sevastopol forestry»*

Abstract

The activity of the State Autonomous Institution (GAO) "Sevastopol Forestry", aimed at organizing the use of forests, their protection, including the implementation of fire safety measures and tuition of forest fires, protection and reproduction of forests, is analyzed. The measures to improve fire safety in the forests of Sevastopol and Crimea are considered.

ОБРАЩЕНИЕ С ОТХОДАМИ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ТРАССЫ ТАВРИДА

Л.И. Лукина., И.В. Шевцова

ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,
г. Севастополь, 299053, Россия, e-mail: liluk.05@mail.ru

После возвращения Крыма в состав России начался этап развития и усовершенствования транспортной инфраструктуры полуострова. В кратчайшие сроки сооружен и открыт новый аэровокзальный комплекс Симферополя под названием «Крымская волна», заканчивается строительство грандиозного Крымского моста между Крымом и Кубанью, продолжением которого по территории Крымского полуострова станет федеральная скоростная трасса Протяженность автомобильной дороги федерального значения «Керчь - Феодосия - Белогорск - Симферополь - Бахчисарай – Севастополь», получившая название «Таврида». Карта-схема автомобильной дороги Таврида представлена на рисунке 1 [1].



Рис. 1. Карта-схема автодороги федерального назначения Таврида

«Таврида» – автодорога, которая пройдет через весь Крым от Крымского моста до Севастополя. Она строится в обход крупных городов, чтобы избежать пробок и разгрузить их от транзитного транспорта. В том числе от грузовиков, которые разрушают городской асфальт. Прогнозируется, что трасса сможет выдерживать движение до 40 тысяч машин в сутки. Ожидается разрешенная скорость на трассе 120 км/ч.

На трассе будут отсутствовать светофоры. Вдоль неё возведут 30 надземных пешеходных переходов: однопролётные с металлическими строениями и двухпролётные с железобетонными строениями. В них будут предусмотрены лифты. Первая очередь трассы «Таврида» уже открылась перед началом 2019 года. Общее открытие ожидается к концу 2020 года.

Примерно половина автодороги прокладывается заново, остальную часть составят реконструированные существующие дороги (рис.2) [1].

Трасса поделена на 8 пусковых строительных участков [2]:

- 1 этап - 70,8 км (начало участка в районе транспортной развязки подходов к Крымскому мосту, окончание — в районе поселка Приморский);

- 2 этап - 50 км (начало участка по новому направлению в районе поселка Приморский, окончание — выход на дорогу Белогорск — Львовское в районе с. Львовское);
 - 3 этап - 35,6 км (от выхода на дорогу Белогорск — Львовское до выхода на дорогу Симферополь — Феодосия в районе Белогорска);
 - 4 этап - 27,5 км (от выхода на дорогу Симферополь — Феодосия до обхода г. Симферополь);
 - 5 этап - 24,7 км (от обхода Симферополя до выхода на дорогу Симферополь — Бахчисарай — Севастополь в районе Левадки);
 - 6 этап - 28,9 км (от выхода на трассу Симферополь — Бахчисарай — Севастополь в районе с. Левадки до границы Бахчисарайского района с Севастополем).
- На участках 1-го, 3-го, 4-го и 6-го этапов производится реконструкция существующих дорог. Параллельно действующей дороге строятся две новые полосы, по завершении строительства которых транспорт перепустят на новую половину дороги, а прежнюю половину реконструируют. Общая стоимость крымского участка трассы составляет 137,3 млрд рублей.
- 7 этап - 13,25 км (от границы с Бахчисарайским районом по автодороге «Симферополь — Бахчисарай — Севастополь» до 17-го км автодороги «Севастополь — Инкерман» (Президентская дорога)
 - 8 этап - 6,2 км (реконструкция участка трассы «Президентской дороги» до Ялтинского кольца, включая постройку новой двухуровневой развязки, реконструкция двух путепроводов и одного моста, а также строительство еще одной двухуровневой развязки).



Рис. 2. Фрагменты строительных работ трассы Таврида

Строительство объекта началось в апреле 2017 г. и закончится в декабре 2020 г.

Первоначально был проведен комплекс подготовительных работ, в который вошли: отвод земли на местности под строительство дороги; очистка полосы отвода от

деревьев и кустарника и пней очистка землеотвода от взрывоопасных предметов, переустройство коммуникаций, снос зданий и сооружений, демонтаж существующих дорожных знаков и ограждающих устройств, расчистка участка от лесонасаждений и кустарника, строительство временных объездных дорог, искусственные сооружения, устройство площадки под строительный городок.

Далее последовали наиболее масштабные земляные работы (работа с растительным грунтом и рекультивация земель, работы по устройству земляного полотна в выемке).

В период проведения строительных работ на объекте образуются строительные отходы. Состав основных строительных отходов и их возможное количество определено в процентном соотношении от предусмотренного объема используемых строительных материалов по РДС 82- 202-96 (таблица 1). Объем строительных материалов и количество отходов от разборки определен по материалам раздела ПОС [3].

Таблица 1

Перечень и количество строительных отходов, образующихся в период строительства

Наименование отходов	Единица измерения	Плотность материала, кг/м ³	Процент строительных материалов, идущих в отход с учетом РДС 82-202-96, %	Количество строительных отходов, т	Количество строительных отходов, м ³
Грунт, образовавшийся при проведении земляных работ, не загрязненный опасными веществами	м ³	1600	100	2246240,0	1403900,0
Лом дорожного полотна автомобильных дорог (кроме отходов битума и асфальтовых покрытий)	м ³	1,5	100	6508,06	4338,71
Лом асфальтовых и асфальтобетонных покрытий	м ³	1,8	100	40297,39	2238,74
Лом бетонных изделий, отходы бетона в кусковой форме	м ³	2,2	1,8	6389,75	2904,42
Лом железобетонных изделий, отходы железобетона в кусковой форме	м ³	2,4	1,8	1222,23	509,28
Лом и отходы стальные несортированные	т	7,9	1,0	411,83	52,13
Отходы изолированных проводов и кабелей	т	3,7	2,0	53,35	14,42
Отходы цемента в кусковой форме	м ³	1,8	3,0	103,89	57,16
Лом и отходы изделий из полиэтилена незагрязненные (кроме тары)	т	1,09	,0	33,54	36,5
Электроды стальные сварочные	т	7,9	14	0,92	7,3
Лом кирпичной кладки от сноса и разборки зданий	м ³	1,8	100	603,16	335,09
Древесные отходы от сноса и разборки зданий	м ³	0,6	100	0,41	0,68
Отходы рубероида	м ³	1,6	4,0	509,25	318,28
Отходы битума нефтяного	м ³	1,1	3	3,11	2,08
Мусор от сноса и разборки зданий несортированный	м ³	1,6	100	76,13	121,80

Из приведенных в таблице данных следует, что наибольшее количество отходов приходится на грунт, образующийся при землеройных работах. Далее по количеству и объему образуемых отходов следуют лом дорожного полотна, лом асфальтовых и асфальтобетонных покрытий, лом бетонных и железобетонных изделий и т.д.

Количество грунта, не загрязненного опасными веществами, который будет образован при проведении землеройных работ в течение 45 месяцев, составит 1403900 млн. м³. Следовательно, среднемесячный норматив образования грунта составит $1\,403\,900 / 45 = 31\,197,777\text{ м}^3/\text{месяц}$, а среднегодовой норматив образования грунта будет $31\,197,777 * 12 = 374\,373,32\text{ м}^3/\text{год}$. Расчет массы отходов грунта выполнен по формуле [4]

$$ПН_0 = N_0 * Q, \text{ т/год,}$$

где N_0 – норматив образования отходов; $N_0 = 1,6\text{ т/м}^3$;

Q – предполагаемый годовой объем грунта, образовавшегося при проведении землеройных работ при строительстве трассы «Таврида».

Т.к. $Q = 374\,373,32\text{ м}^3/\text{год}$,

$$ПН_0 = 1,6 * 374\,373,32 = 598\,997,31\text{ т/год}$$

Общее количество грунта, образовавшегося при проведении землеройных работ при строительстве трассы «Таврида», составит $598\,997,31 * 12 = 2246240,000\text{ т}$

$$ПН_0 * 12 = 598\,997,31 * 12 = 2246240,000\text{ т}$$

Часть образовавшегося при строительных работах грунта используется для укрепления откосов насыпей и выемок, часть растительного грунта будет использоваться (после окончания строительства) для вертикальной планировки при рекультивации временных дорог и строительных площадок.

Асфальтобетон, образующийся при демонтажных работах, полностью используется в строительстве: измельчается и используется при отсыпке обочин.

Другие строительные отходы, образующиеся в период строительства объекта, предусмотрено транспортировать, размещать и утилизировать в лицензированных организациях по сбору, транспортированию, обработке, утилизации, обезвреживанию и размещению отходов. С целью уменьшения количества передаваемых отходов разработан технологический регламент их использования. Сводные сведения о предлагаемом ежегодном использовании строительных отходов каждого вида, относящихся к 5 классу опасности, представлены в таблице 2.

Таблица 2

Сводные сведения о предлагаемом ежегодном использовании отходов

Наименование вида отходов	Наименование технологического процесса	Предлагаемое использование отходов, тонн в год	
		Использование	Всего
Грунт, образовавшийся при проведении землеройных работ, не загрязненный опасными веществами	Организация рельефа, благоустройства газонов, вертикальной планировки территории	300 000,0	300 000,0
Лом бетонных изделий, отходы бетона в кусковой форме	Производство неусовершенствованных видов оснований и покрытий	851,96	851,96
Отходы цемента в кусковой форме	То же	57,29	57,29
Отходы строительного щебня незагрязненные	То же	20 364,0	20 364,0
Лом железобетонных изделий, отходы железобетона в кусковой форме	То же	162,97	162,97
Лом кирпичной кладки от сноса и разборки зданий	То же	80,4	80,4
Лом дорожного полотна автомобильных дорог (кроме отходов битума и асфальтовых покрытий)	Устройство оснований дорожных материалов	867,72	867,72

Выводы: В период строительства трассы «Таврида» будет образовываться большое количество отходов, в основном – грунт, снимаемый с территории строительства. Предполагаемое количество образующегося грунта составит 598997,31 т/год т, из которых 300000,0 т будет использовано для укрепления откосов насыпей и выемок, часть - после окончания строительства будет использоваться для вертикальной планировки при рекультивации временных дорог и строительных площадок. Другие строительные отходы - лом бетонных, железобетонных изделий, кирпичной кладки, дорожного полотна и другие строительные отходы используются в качестве вторсырья в различных технологических процессах.

Список литературы:

1. <https://ok-crimea.ru/krym/stati/2019/3246/trassa-tavrida-i-ee-razvyazki/>
2. Проект производства работ объекта: «Строительство и реконструкция автомобильной дороги Керчь – Феодосия – Белогорск – Симферополь – Бахчисарай – Севастополь (граница Бахчисарайского района). 6 этап. Км 224+000 (выход на а.д. – км Симферополь – Бахчисарай – Севастополь в районе с. Левадки) – 253+500 (граница Бахчисарайского района)», Набережные Челны, 2017 г.
3. Проектная документация «Мероприятия по охране окружающей среды», Раздел 7, подраздел 1, часть 1 [5-725-П-6-ООС-1.1., Том 7.1.1], 2017 г.
4. Методические рекомендации по расчету нормативов образования отходов для автотранспортных предприятий, Санкт-Петербург, 2003г.
5. Методические рекомендации по оценке объемов образования отходов производства и потребления. ГУ НИЦПУРО, Москва, 2003 г.

**WASTE MANAGEMENT DURING THE CONSTRUCTION OF TRACKS
TAVRIDA**

L.I. Lukina, I.I. Shevzova

Sevastopol State University, Sevastopol, e-mail: liluk.05@mail.ru

Abstract

During the construction of the Tavrida route, waste will be generated, mainly soil removed from the construction site. The estimated amount of soil formation will be 598 997.31 t/year, of which 300 000.0 t will be used to strengthen the slopes of embankments and excavations, part - after construction will be used for vertical planning in the reclamation of temporary roads and construction sites. Other construction waste - scrap of concrete, reinforced concrete products, brickwork, roadway and other construction waste are used as recyclables in various technological processes

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ ДЛЯ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ФЕРМ КАЗАХСТАНА

Б.В. Лукутин¹, А.К. Оразбекова²

Томский политехнический университет, г. Томск, 634050, Россия,
e-mail: ¹lukutin48@mail.ru, ²oka-a7@mail.ru

Производство сельскохозяйственной продукции на молочных фермах связано с большим потреблением тепловой и электрической энергии. Основные технологические процессы, требующие электричества: распределение корма, организация выпойки, удаление и транспортировка навоза, дойка и начальная обработка молока. Тепловая энергия расходуется на горячее водоснабжение и на обеспечение необходимых параметров микроклимата в животноводческих фермах.

Часто привлекательные места для расположения животноводческих ферм не имеют развитой транспортной и энергетической инфраструктуры, что определяет интерес к их автономному энергообеспечению, в частности фотоэлектрической станцией (ФЭС).

В качестве примера, рассмотрим энергообеспечение животноводческой фермы, расположенной в Акмолинской области Казахстана от фото-энергетической установки.

Технологическая карта производственных процессов на ферме для летнего сезона представлена на рис. 1 [1]. От количества скота и временного распределения производственных процессов зависит потребляемая фермой мощность и суточный график электрических нагрузок.

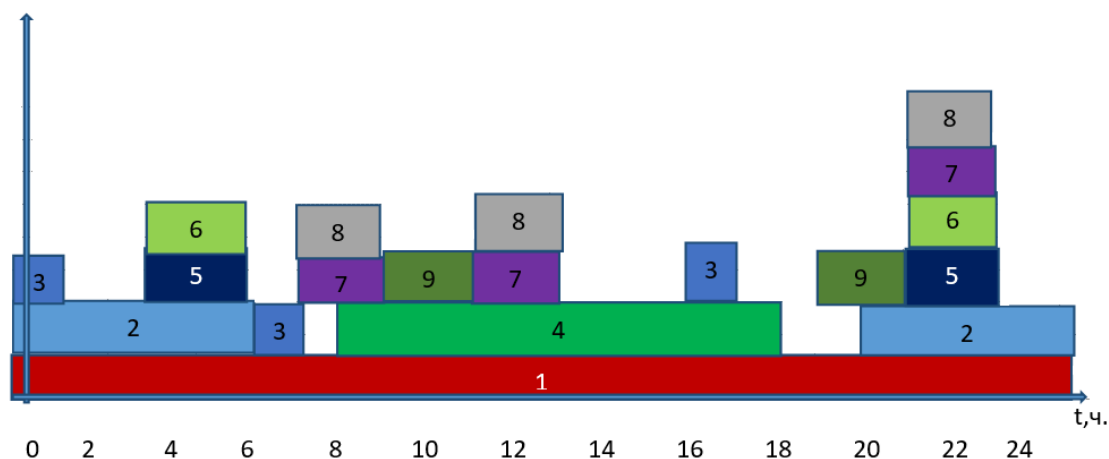


Рис. 1. Технологическая карта комплексной механизации фермы на 200 голов КРС

1 - складирование и хранение молока; 2 - освещение; 3- водоснабжение; 4 – подогрев воды;
5 - уборка и транспортировка навоза; 6 - уборка и транспортировка навоза в телятнике;
7 - кормление; 8 - кормление в телятнике; 9 - доение;

В соответствии с технологической картой, энергетические характеристики производственных процессов фермы на 200 голов КРС приведены в таблице 1. [2].

Суточное потребление электроэнергии фермы $W_{\text{Э}}$ определяется как:

$$W_{\text{Э}} = \sum_{i=1}^{24} \left(\sum_{j=1}^9 P_j \right) \cdot t_i, \text{ [кВт}\cdot\text{ч]} \quad (1)$$

где P_j – средние технологические нагрузки на текущих временных интервалах t_i .

Суточное энергопотребление фермы составляет 650,9кВт·ч. Из этого количества, тепловые нагрузки достигают 57% от общего энергопотребления фермы.

Энергетические характеристики производственных процессов фермы

Наименование процесса	Мощность электроприемников P, кВт	Время работы электроприемников t, ч.
1	2	3
Водоснабжение	2,2	3
Кормление	7,5	6
Доение	3	4
Хранение молока	5,7	24
Уборка и транс-ка навоза	5,5	4
Освещение	1,35	10
Кормление (телятник)	0,8	6
Уборка навоза (телятник)	0,8	4
Подогрев воды	37	10

Целью работы является снижение стоимости ФЭС за счет комбинированного аккумулирования электрической энергии в электрохимических аккумуляторных батареях и в тепловых накопителях в виде горячей воды для технологических нужд.

Фотоэлектрическая станция для энергообеспечения фермы состоит из следующих составляющих элементов [3-5]:

- фотоэлектрические модули для преобразования солнечной энергии в электрическую;
- контроллер заряда для обеспечения оптимальных режимов заряда - разряда аккумуляторных батарей;
- тепловой контроллер для управления работой системы подогрева воды в теплоизолированном бойлере в соответствии с заданными параметрами;
- аккумуляторные батареи для накопления и хранения электроэнергии, с последующей отдачей электроприемников при недостаточной инсоляции;
- инвертор для преобразования постоянного тока в переменный.

В летнее время горячая вода необходима только для технологических нужд при доении. По нормативным документам РД-АПК [1], необходимое количество горячей воды с температурой 40⁰-55⁰ и 55⁰-65⁰ составляет 4л и 6л соответственно на одну корову. Для поголовья 200 голов объем подогреваемой воды V = 2000л.

Энергетические затраты на подогрев воды могут быть определены по формуле:

$$Pt = m \cdot C(Q_1 - Q_0) \quad (2)$$

где t - время нагрева воды [ч];

P - мощность нагревательного элемента [кВт];

m - масса воды [кг];

C - удельная теплоёмкость воды, [C = 4,2 кДж/кг ·⁰C];

Q₁ и Q₀ - конечная и начальная температура воды, [⁰C].

При начальной температуре воды 10 градусов суточная потребность в энергии водонагревателя для нагрева 2000 литров воды до 55 градусов составит около 370 кВт·ч.

Учитывая, что энергия ФЭС вырабатывается в течение светового дня, длительность которого в летнее время на рассматриваемой широте составляет 16 часов, средняя мощность нагрева (с учётом вычета 2 часов с низкой инсоляцией) равна 26 кВт.

Универсальным накопителем электроэнергии является электрохимический аккумулятор. Суточный энергетический баланс электропотребления фотоэлектрической системы электроснабжения фермы с аккумуляторным накопителем электроэнергии может быть получен по формуле:

$$\sum_{i=1}^{24} (P_{\phi i} - P_{э i} - P_{гэ i} \pm P_{а i}) \cdot t_i = \sum_{i=1}^{24} \min + (P_{а i}) \quad (3)$$

где $P_{\phi i}; P_{э i}; P_{гэ i}; P_{а i}$ – соответственно, мощности фотоэлектрической генерации, электропотребления, расхода электроэнергии на горячее водоснабжение, заряда или разряда аккумулятора на i - ом временном интервале, принятом равным 1 часу.

Оптимум энергетического баланса с учётом дискретности оборудования будет соответствовать небольшому избытку фотоэлектрической генерации (3), который окажется невостребованным с момента полной зарядки аккумуляторов.

Для рассматриваемого примера, используя данные таблицы 1 и соответствующий график суточного электропотребления, получаем, что энергия разряда составляет 87,8кВт·ч.

По данным энергетических характеристик, строим совмещенные графики суточного потребления электроэнергии фермой и необходимой генерации ФЭС в течение светового дня. Графики показаны на рис.2.

Аккумулировать электроэнергию ФЭС необходимо для покрытия ночных нагрузок и для обеспечения технологических процессов утренней и вечерней дойки (подогрев воды), приходящихся на время суток с малой инсоляцией. В результате необходимая энергия заряда аккумуляторов составит суммарную энергию ночного электропотребления фермы и энергию подогрева воды – 458 кВт·ч. Из соображений продления срока службы аккумуляторов необходимо выбирать номинальную энергию батареи аккумуляторов не менее чем в два раза большей величины обменной энергии, то есть 1000 кВт·ч.

Удельная стоимость ёмкости самых дешёвых свинцово – кислотных аккумуляторов равна 0,06 \$ за 1 Вт·ч [6], соответственно, цена всей батареи аккумуляторов составляет 60000 \$.

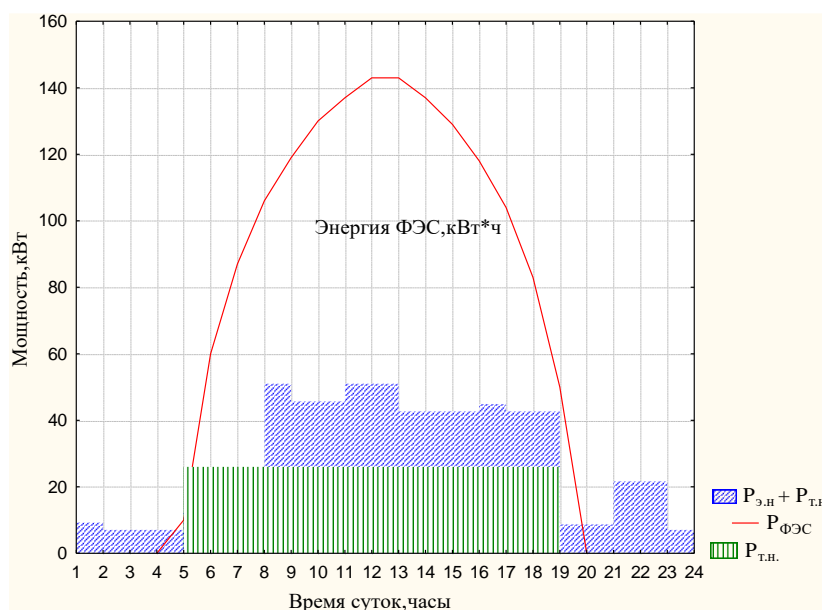


Рис.2. Совмещенные графики суточного электропотребления фермы и мощности генерации фотоэлектрической станции

Выделение тепловых нагрузок и аккумулялирование части генерации ФЭС, необходимой для нагрева воды, в тепловом аккумуляторе – бойлере позволяет использовать электрохимические аккумуляторы только для обеспечения освещения и электроприводов. Эти электроприёмники потребляют в сутки 88 кВт·ч, что позволяет уменьшить в 5 раз ёмкость и, соответственно, стоимость батареи аккумуляторов. Учитывая, что удельная стоимость бойлеров объёмом сотни литров колеблется в диапазоне 1,2 – 2,2 \$ за 1 литр [7] стоимость теплового аккумулятора не превысит 4400 \$.

К дополнительному снижению стоимости оборудования ФЭС приведёт снижение установленной мощности контроллера заряда аккумуляторов и установленной мощности инвертора, при условии питания электрического бойлера постоянным током непосредственно от массива фотоэлектрических модулей.

Список литературы:

1. Методические рекомендации по технологическому проектированию ферм и комплексов крупного рогатого скота. РД-АПК 1.10.01.02-10 – М., 2011. – 118с
2. Будзко И.А. и др. Электроснабжение сельского хозяйства /И.А.Будзко, Т.Б. Лещинская, В.И. Сукманов. – М.: Колос, 2000. -536с.
3. A.N. Vasilyev, D. Sc. (Engineering), N.F. Molosnov, Cand Sc. (Engineering) A.B. Korshunov, Cand Sc. (Engineering) Effective technologies for energy supply with the use for renewable energy sources. Advanced energy-saving technologies for agricultural production. Innovation projects of GNU VIESH. Catalogue. - М.: GNU VIESH, 2013. – 192 pp.
4. S.S. Chandel, M. Nagaraju Naika, Rahul Chandel «Review of solar photovoltaic water pumping system technology for irrigation and community drinking water supplies». Renewable and Sustainable Energy Reviews. Volume 49, September 2015, Pages 1084-1099.
5. Kala Meah, Steven Fletcher, Sadrul Ula « Solar photovoltaic water pumping for remote locations» Renewable and Sustainable Energy Reviews. Volume 12, Issue 2, February 2008, Pages 472-487.
6. Аккумуляторы для ЦОДа: сравнение литий-ионных аккумуляторов. Свободный доступ: <https://www.osp.ru/lan/2017/01.02/13051245/>
7. Бутузов В.А., Лычагин А.А. Гелиоустановки горячего водоснабжения: конструкции солнечных коллекторов, экономическая и энергетическая целесообразность. Свободный доступ: http://www.rosteplo.ru/Tech_stat/f5hArM.htm/.
8. Дубов В.А., Чебодаев А.В. Оценка эффективности использования ФЭС для автономного электроснабжения крестьянско-фермерского хозяйства // Научно-практический журнал «Вестник ИрГСХА», 2015, № 68. С. 89 - 94.
9. Бастрон А.В., Гайдаш Г.В. Эффективное использование солнечной энергии в системах тепло- и электроснабжения сельских усадебных домов и ЛПХ // Научно-практический журнал «Вестник ИрГСХА», 2015, № 67. С. 92-100.
10. Эрк А.Ф.; Судаченко В.Н.; Тимофеев Е.В.; Размук В. А «Выбор типа электроснабжения сельскохозяйственного предприятия с использованием солнечных электростанций». ISSN 0131-5226. Теоретический и научно-практический журнал. ИАЭП. 2016. Выпуск 89.
11. Agricultural Mechanization and Automation - Volume 1 No. of Pages: 524 ISBN: 978-1-84826-096-2 (eBook) ISBN: 978-1-84826-546-2 (Print Volume).

**USE OF THE PHOTO-ELECTRIC STATION FOR POWER SUPPLY
OF LIVESTOCK FARMS OF KAZAKHSTAN**

B.V. Lukutin¹, A.K. Orazbekova²

*Tomsk Polytechnic University, Tomsk, 634050, Russia,
e-mail: ¹lukutin48@mail.ru, ²oka-a7@mail.ru*

Abstract

In this article power characteristics of the farm located in the region of Kazakhstan are analyzed. For depreciation of the power equipment power supply of a farm in summer-time from photo power plants with application of the combined electrochemical and thermal accumulation of electric energy is considered.

**ПРИМЕНЕНИЕ ОСВЕТЛЕННЫХ КОММУНАЛЬНЫХ СТОКОВ (ОКС)
И ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД (ОСВ) В КАЧЕСТВЕ МЕЛИОРАНТОВ
ДЛЯ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ОТВАЛОВ ОТХОДОВ
РУДООБОГАЩЕНИЯ (ХВОСТОВ)**

А.В. Лусис¹, Т.Т. Горбачева², Л.А. Иванова^{1,2}

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н.А. Аврорина Кольского научного центра Российской академии наук, Кировск, Россия, 184250, Россия,
e-mail: adeliysrab@gmail.com

²Институт проблем промышленной экологии Севера Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр» Российской академии наук, Апатиты, Россия, 184209, Россия

Представлены результаты исследований по биологической рекультивации земель, нарушенных при добыче апатитонепелинового концентрата, полученные в рамках краткосрочного лабораторного опыта. В статье обсуждается возможность применения осветленных коммунальных стоков (ОКС) и осадков сточных вод (ОСВ) для формирования растительного покрова на хвостохранилище отходов рудообогащения (нефелиновых песках).

Значительная потребность страны в минерально-сырьевых и энергетических ресурсах и ограниченность их запасов в районах с благоприятным климатом определяют необходимость разработки месторождений и переработки полезных ископаемых в условиях сурового климата, что является причиной уничтожения почв и растительного покрова на огромных площадях. Естественное восстановление нарушенных территорий на Крайнем Севере связано со сложностями, обусловленными зонально-географическими условиями, системой разработки месторождений, свойствами складываемых пустой породы и отходов рудообогащения, технико-экономическими показателями восстановления нарушенных земель [1].

Одним из крупнейших объектов накопленного экологического ущерба на территории Мурманской области является хвостохранилище отходов рудообогащения АНОФ-2 АО «Апатит». Отходы состоят из нефелина (около 54 %) и сопутствующих минералов, соотношение которых изменяется в зависимости от состава руды, поступающей на переработку. Средний состав нефелиновых песков приведен в таблице 1., по гранулометрическому составу отходы относятся к песчаной фракции.

Таблица 1

Химический состав отходов рудообогащения АНОФ-2

Субстрат	Компонент, содержание, %										
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	MnO	TiO ₂	Na ₂ O
Песок отвалов	41.47	22.52	2.22	5.54	4.34	0.80	10.13	6.46	0.06	0.69	11.40

Нефелиновые пески существенно отличаются от зональных песчаных почв [2]. Валовое содержание фосфора в них на порядок выше из-за наличия апатита (2.9 %), не полностью извлеченного из руды при ее обогащении. Валовое содержание калия в хвостах также значительно выше, чем в зональных почвах. Для рекультивации подобного грунта нет необходимости во внесении фосфорных и калийных удобрений, достаточно принять меры по повышению доступности калия и фосфора как основных элементов питания растений. Показатели наименьшей влагоемкости в нефелиновых песках существенно ниже, чем в почвах аналогичного гранулометрического

состава. Это связано с низким содержанием органического вещества, которое во многом определяет водоудерживающие свойства техногенного грунта и является одним из основных факторов, сдерживающих процессы естественного возобновления растительного покрова на нарушенных территориях.

Для соблюдения санитарно-гигиенических норм при пылении хвостохранилищ в периоды неблагоприятных метеорологических условий остается актуальной проблема создания противоэрозионных покрытий на нарушенной территории. В настоящее время расширяется область применения отходов биологической очистки хозяйственно-бытовых сточных вод в качестве нетрадиционных мелиорантов [3, 4, 5]. Такие мелиоранты характеризуются высоким содержанием органического вещества и выраженным удобрительным эффектом, в частности, в отношении азота, дефицит которого характерен для нефелиновых песков. В данной работе для корректировки питательного режима техногенного грунта применены осветленные коммунальные стоки (ОКС) после первичных отстойников и осадок сточных вод (ОСВ) местного предприятия водопроводно-канализационного хозяйства - АО «Апатитыводоканал».

Целью исследований являлось изучение влияния ОКС и ОСВ на биометрические показатели искусственного фитоценоза, формирующегося на нефелиновых песках в контролируемых условиях лабораторного опыта. Исследования проведены в период с 03.09 по 13.10.2018 г. Схема опыта включала 4 варианта, каждый из которых выполнялся в пяти повторностях (таблица 2). Для формирования фитоценоза применяли семена тимофеевки луговой (*Phleum pratense* L.).

Таблица 2

Схема лабораторного опыта

№	Вариант
1 (опытный)	ОКС концентрированные, полив 1 раз при закладке эксперимента, далее полив дождевой водой
2 (опытный)	ОКС концентрированные, внесение при закладке эксперимента, полив только концентрированными ОКС в течение всего эксперимента
3 (опытный)	ОСВ – размещение 8 фрагментов по поверхности, полив только дождевой водой
4 (контроль)	без ОКС и ОСВ, полив дождевой водой

Техногенный грунт размещали слоем высотой 3 см в пластиковых емкостях без дренажных отверстий. В ходе эксперимента орошение грунта осветленными стоками либо дождевой водой проводилось через каждые три дня при норме полива, одинаковой для всех вариантов. Даты и нормы полива представлены в таблице 3. Подкормка растений минеральными удобрениями не производилась.

Таблица 3

Схема полива грунта ОКС

Вариант	Дата и норма (мл) полива												
	03.09	06.09	09.09	12.09	15.09	18.09	21.09	24.09	29.09	01.10	04.10	07.10	10.09
1	40	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
2	40	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
3	40	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
4	40	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35

Интенсивность освещения в период проведения эксперимента составляла в среднем в пасмурные дни 6, в солнечные - 20 Клк, температура воздуха в помещении не превышала 22-23⁰С, влажность воздуха поддерживалась на уровне 60%.

Камеральные исследования включали в себя регулярные наблюдения за ростом и развитием растений, формированием травостоя. Влияние мелиорантов оценивалось по высоте растений в травостое, накоплению зеленой массы и проективному покрытию. Измерения биометрических показателей проводили каждые 5 дней после посева семян.

Для обработки результатов, полученных по окончании эксперимента, применяли методы описательной статистики и однофакторного дисперсионного анализа. Достоверность различий между вариантами принималась при значениях $p < 0.05$ ($n=5$) «на уровне тенденций», высокий уровень значимости различий признавался при $p < 0.001$. При $p > 0.05$ различия по вариантам считались недостоверными (н.д.).

Результаты и обсуждение. Появление первых всходов в эксперименте зафиксировано во всех вариантах одновременно - на 4-й день после посева семян. Самые дружные всходы отмечены при орошении грунта ОКС (варианты 1 и 2). Это позволяет предполагать стимулирующее действие указанного мелиоранта на прорастание семян *Phleum pratense* L.

1. Рост растений.

Наблюдения за ростом растений в эксперименте выявили слабую вариабельность высоты растений в начале опыта (таблица 4). При дальнейшем ходе опыта отмечено опережение роста растений в случае применения добавок по сравнению с контрольным вариантом. Так, на 10-й день эксперимента травостой в вариантах с применением ОКС был на 0,1 см выше по сравнению с фрагментарным применением ОСВ и на 0,2 см – по сравнению с контролем. К завершению опыта средняя высота растений в вариантах с применением ОКС составила 10.5 см, тогда как в контроле она была на 1.0-1.5 см ниже.

Таблица 4

Влияние мелиорантов на качество посевного фитоценоза

Вариант	Высота растений, см							Проективное покрытие, %	Биомасса, г
	08.09	13.09	18.09	23.09	02.10	07.10	13.10		
1	1,5±0.10	3,5±0,11	4,0±0,18	6,9±0,27	8,8±0,26	10,5±0,29	10,5±0,29	70±3.41	2.0±0.63
2	1,5±0.09	3,5±0,08	4,1±0,17	6,5 ±0,10	9,1 ±0,18	10,5±0,22	10,5 ±0,22	68±3.25	2.1±0.43
3	1,3±0.10	3,4±0,09	3,9±0,13	6,2±0,19	9,0±0,17	9,5±0,45	9,5±0,45	55±3.54	1.5±0.39
4	1.3±0.45	3,3±0,32	3,8±0,09	6,3±0,14	8,5±0,28	9,0±0,35	9,0±0,35	65±3.97	1.2±0.35

2. Проективное покрытие

Из-за краткосрочности опыта максимально достигнутое проективное покрытие по всем опытам не превысило 74%. Значимость различий по разным вариантам представлена в таблица 5. Орошение грунта ОКС имело такой же эффект на проективное покрытие, как и полив дождевой водой, на что указывает недостоверность различий между 1 и 4, 2 и 4, а также между 1 и 2 вариантами. Исследованный техногенный грунт относится к V классу опасности, и отмеченную тенденцию можно признать благоприятной, поскольку ОКС, несмотря на присутствие в нем органического вещества с выраженными комплексобразующими свойствами, не способствовало повышению токсичности (класса опасности) грунта.

Отмечено снижение проективного покрытия при фрагментарном размещении ОСВ на техногенном грунте по сравнению с контролем ($p < 0.01$). Вероятно, это связано с формированием корки на точках размещения ОСВ, что оказало некоторое ингибирующее действие осадка на проростки. Орошение грунта осветленными стоками

даже при однократном поливе оказало более выраженное стимулирующее действие на расширение площади растительного покрова, чем внесение осадка сточных вод ($p < 0.005$ при сопоставлении вариантов 1 и 3, 2 и 3).

Таблица 5

Значимость различий в проективном покрытии

Вариант	1	2	3	4
1	х	н.д.	***	-
2	-	х	***	н.д.
3	-	-	х	-
4	н.д.	-	**	х

Прим. Здесь и далее *- $p < 0.05$; ** - $p < 0.01$; *** - $p < 0.005$; н.д - недостоверные различия; прочерк- исключение повторения результатов

3. Прирост биомассы

По сравнению с контрольным вариантом прирост надземной биомассы наблюдался во всех вариантах с применением добавок, но на уровне тенденции ($p < 0.05$). Результаты приведены в таблица 6. При орошении грунта осветленными стоками отмечено двукратное превышение сырой биомассы по сравнению с контролем. Внесение ОСВ также стимулировало статистически значимый рост биомассы, но менее выраженный (таблица 6).

Таблица 6

Значимость различий в биомассе растений

Вариант	1	2	3	4
1	х	н.д.	н.д.	-
2	-	х	*	*
3	-	-	х	-
4	*	-	*	х

Выводы:

- Исследуемые в эксперименте мелиоранты (ОКС и ОСВ) могут быть признаны пригодными для биорекультивации отходов обогащения апатито-нефелинового производства на Крайнем Севере без проведения затратных работ по землеванию и нанесению защитных полимерных покрытий.

- Способ многократного применения ОКС в отличие от фрагментарного использования ОСВ будет способствовать созданию более качественного противоэрозионного растительного покрова.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Министерства образования и науки Мурманской области в рамках научного проекта 17-45-510205 «Дефосфотация коммунальных стоков в условиях снижения водопотребления».

Список литературы:

1. Капелькина Л.П. О естественном зарастании и рекультивации нарушенных земель севера // Успехи современного естествознания. 2012. № 11-1. С. 98-102;
2. Переверзев В.Н., Подлесная Н.И. Биологическая рекультивация промышленных отвалов на Крайнем Севере. - Апатиты, 1986. - 104 с.
3. Пындак В.И., Новиков А.Е., Межевова А.С. Действие и последствие нетрадиционных удобрений-мелиорантов при орошении // Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2016. № 3 (43). С.196-202.

4. Пахненко, Е.П. Осадки сточных вод и другие нетрадиционные органические удобрения [Текст]/ Е.П. Пахненко. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. – 311 с.
5. Стратегия использования осадков сточных вод и компостов на их основе в агрикультуре [Текст]/ Под ред. Н.З. Милащенко. – М.: Агроконсалт, 2002. – 140 с.

CLARIFIED MUNICIPAL WASTEWATERS (CMWW) AND SEWAGE SLUDGE (SS) AS AMELIORANTS FOR TAILINGS RECLAMATION

A.V. Lusic¹, T.T. Gorbacheva², L.A. Ivanova^{1,2}

¹N.A. Avrorin Polar-Alpine Botanical Garden-Institute, Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences, Apatity, Russia

²Institute of the North industrial ecology problems, Federal Research Centre «Kola Science Centre» of the Russian Academy of Sciences, Apatity, Russia

Abstract

The results of short-terms lab experience on biological recultivation of lands disturbed resulted from the extraction of Apatite-nepheline concentrate are presented. The possibility of using clarified municipal wastewaters (CMWW) and sewage sludge (SS) for the formation of phytocenoses on the tailings dump of ore dressing (nepheline sands) is discussed.

ПРОВЕДЕНИЕ РАДИАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА НА ТЕРРИТОРИИ СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА

О.Н. Ляхова, А.О. Айдарханов, М.Р. Актаев, Д.В. Турченко, А.К. Айдарханова
Филиал «Институт радиационной безопасности и экологии» Республиканского государственного предприятия «Национальный ядерный центр Республики Казахстан», г. Курчатов, 071100, Республика Казахстан, e-mail: lyahova@nnc.kz

С целью получения информации о радиационном состоянии водной и воздушной среды в местах проведения ядерных испытаний на территории СИП регулярно проводятся работы по радиационному мониторингу.

Мониторинг водной среды включает в себя оценку качества поверхностных и подземных вод по радиационному признаку. Также, в рамках водного мониторинга в 2018 г. проводилась оценка качества вод потенциальных объектов водопользования, расположенных на территории полигона. Данные объекты представляют собой скважины и колодцы на территории летников и зимовок, а также ручьи и родники, расположенные в местах временного проживания людей в период ведения сельскохозяйственных работ. Вода из таких объектов может использоваться в хозяйственно-бытовых целях.

Мониторинг воздушной среды проводится на стационарных постах мониторинга, расположенных на территории СИП с учетом возможных источников радиоактивного загрязнения воздуха, а также в г. Курчатов для оценки состояния воздушной среды на прилегающей к СИП территории.

Мониторинг водной среды. Мониторинг объектов водопользования. В 2018 г. в рамках мониторинговых работ было обследовано 15 потенциальных объектов водопользования, расположенных на разных участках СИП. Карта полигона с расположением испытательных площадок представлена на рис. 1.

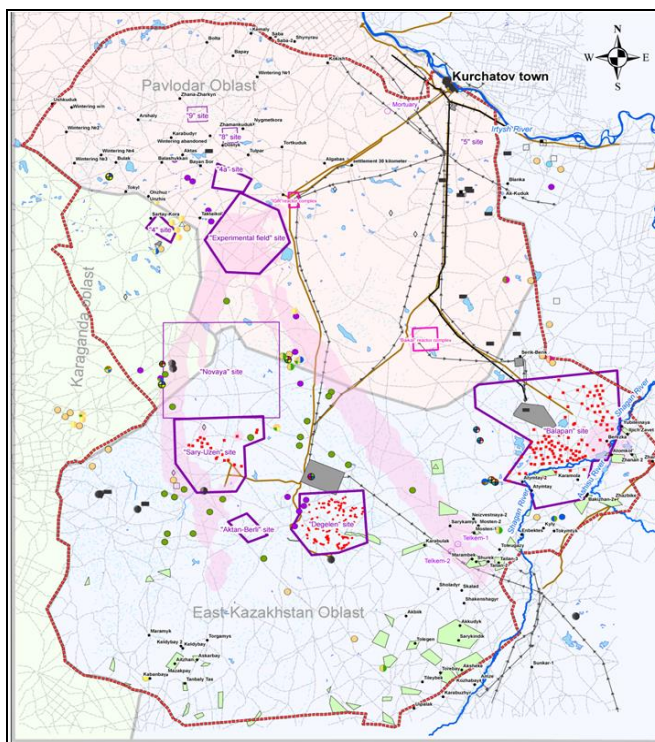


Рис. 1. Карта Семипалатинского испытательного полигона (СИП)

Во всех объектах исследования выполнялся отбор проб воды и лабораторные анализы для определения концентрации в воде техногенных радионуклидов с наибольшей миграционной способностью – трития (^3H) и стронция-90 (^{90}Sr).

По результатам исследования установлено, что удельная активность ^3H в воде находится ниже минимально-детектируемой активности используемого аппаратурно-методического обеспечения (<4 Бк/кг) и не превышает значения уровня вмешательства (УВ) для данного радионуклида (7600 Бк/кг) при поступлении с питьевой водой, установленного согласно Гигиеническим нормативам «Санитарно-эпидемиологические требования к обеспечению радиационной безопасности» (ГН СЭТОРБ).

Максимальное численное содержание ^{90}Sr , зафиксированное в воде исследуемых объектов водопользования, составило 0,1 Бк/кг, что в 49 раз ниже УВ (4,9 Бк/кг).

Сравнительный анализ результатов мониторинга за 2017 - 2018 гг. показал, что значимых изменений концентрации радионуклидов ^3H и ^{90}Sr в воде потенциальных объектов водопользования, расположенных на территории СИП, не наблюдается. Концентрация ^3H и ^{90}Sr в воде не превышает допустимые уровни.

Мониторинг поверхностных вод на территории СИП проводился на испытательных площадках «Дегелен» и «Балапан», где отмечается вынос техногенного радионуклида ^3H с поверхностными водами за пределы мест проведения ядерных испытаний.

На территории площадки «Дегелен» объектами мониторинга являлись ручьи, берущие свое начало в пределах площадки и вытекающие далеко за ее границы. Это ручьи Карабулак, Узынбулак, Байтлес, Токтакушик, Актыбай, Безымянный и Безымянный-2. Отбор проб воды проводился на участках, расположенных в русле каждого ручья в месте его выхода за границу испытательной площадки (рис. 2).

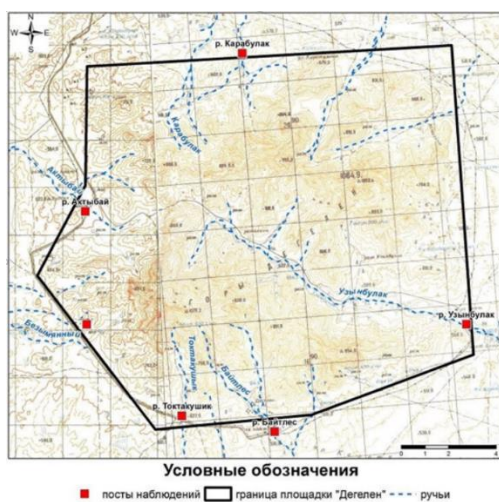


Рис. 2. Участки водного мониторинга поверхностных вод площадки «Дегелен»

В отобранных пробах проведен лабораторный анализ для определения содержания ^3H . Результаты за 2017-2018 гг. представлены в таблице 1.

Результаты сравнительного анализа за 2017-2018 гг. показали, что динамика изменения концентрации ^3H носит нестабильный характер. В ряде случаев отмечается повышение уровня содержания ^3H по сравнению с 2017 г. – в 1,3 раза на ручье Карабулак, и в 1,2 раза на ручье Байтлес. В других случаях, напротив, отмечено понижение уровня содержания ^3H в воде – ручей Актыбай (в 2 раза), ручей Токтакушык (в 1,2 раза), ручей Узынбулак (1,3 раза).

На площадке «Балапан» объектом мониторинга поверхностных вод является р. Шаган. В настоящее время радиоэкологическое состояние вод р. Шаган характери-

зуется присутствием техногенного радионуклида ^3H в поверхностных и подземных водах.

Таблица 1

Концентрация ^3H в воде на площадке «Дегелен»

Наименование водного объекта	Удельная активность ^3H , Бк/кг	
	2017 г.	2018 г.
р. Карабулак	35 000 ± 3 500	44 000 ± 4 500
р. Актыбай	51 000 ± 5 000	25 000 ± 2 500
р. Байтлес	40 000 ± 4 000	47 000 ± 4 500
р. Токтакушык	70 000 ± 7 000	59 000 ± 6 000
р. Безымянный-2	воды нет	29 000 ± 3 000
р. Безымянный	воды нет	22 000 ± 2 200
р. Узынбулак	41 000 ± 4 100	31 000 ± 3 000

Участки мониторинга на р. Шаган расположены на различном расстоянии от «Атомного озера» вниз по течению реки: на участке максимальной концентрации ^3H в воде (район 5 км), в районе выхода р. Шаган за границу СИП (14 км) и на участке впадения р. Шаган в р. Иртыш (110 км).

По результатам мониторинговых наблюдений, проведенных в 2018 г., в поверхностных водах р. Шаган на посту «5 км» значения удельной активности ^3H в течение года изменялись от 6300 Бк/кг до 80000 Бк/кг, на посту «14 км» – от 8000 до 8800 Бк/кг, в районе впадения р. Шаган в р. Иртыш содержание ^3H составило от <12 до 45 Бк/кг.

Согласно мониторингу, проведенному в 2017-2018 гг., удельная активность ^3H в поверхностных водах р. Шаган изменяется в зависимости от периода наблюдений. Так, на участке мониторинга «5 км» содержание ^3H изменялось от минимальных 100 Бк/кг в весенний период, до максимальных значений, составляющих порядка 350 000 Бк/кг в летне-осенний период. В местах выхода р. Шаган за границу полигона («14 км») концентрация ^3H , в зависимости от сезона, может изменяться от 100 до 15000 Бк/кг. В районе впадения р. Шаган в р. Иртыш содержание ^3H за весь период мониторинговых наблюдений не превышало 200 Бк/кг.

Анализ данных мониторинга показал, что в 2018 г. существенных изменений в содержании ^3H на всех участках мониторинга не наблюдалось. Фиксируемые изменения находятся в пределах границ, установленных за все время осуществления мониторинговых наблюдений на р. Шаган.

Мониторинг подземных вод на территории СИП. В настоящее время, радионуклидное загрязнение подземных вод, вытекающих за пределы испытательных площадок СИП, обусловлено присутствием в воде радионуклида ^3H , удельная активность которого изменяется в широком диапазоне значений, от минимальных <12 до максимальных 500 000 Бк/кг. Миграция ^3H с подземными водами фиксируется за пределами испытательных площадок как «Балапан», «Сары-Узень» и «Дегелен».

С целью контроля миграции ^3H за пределы радиационно-опасных участков СИП были использованы 30 гидрогеологических скважин, расположенных в разных частях СИП на участках развития подземных вод. Данные скважины на территории СИП расположены с учетом геологических и гидрогеологических особенностей контролируемых радиационно-загрязненных участков. На рис. 3 схематично изображено расположение мониторинговых скважин.

Во всех скважинах проведен отбор проб подземных вод на определение содержания ^3H . Установлено, что в 2018 г. содержание ^3H в подземных водах составило от <12 до 330000 Бк/кг в зависимости от участка обследования. Максимальные значе-

ния концентрации ^3H отмечены в подземных водах площадки «Балапан», вблизи русла р. Шаган.

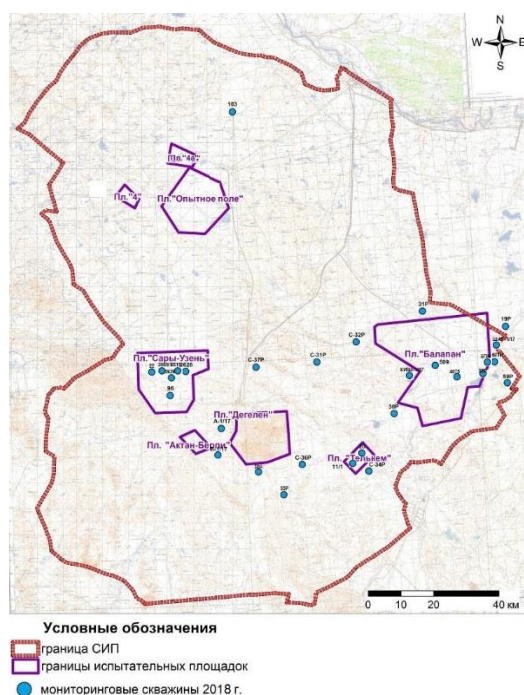


Рис. 3. Схема расположения мониторинговых скважин

Анализ данных мониторинговых наблюдений за период 2017-2018 гг. показал, что в подземных водах СИП динамика концентрации ^3H носит нестабильный характер: повышение концентрации ^3H в одних скважинах чередуется с понижением его концентрации в других в разные периоды мониторинговых наблюдений, что связано с сезонным изменением гидрогеологического режима подземных вод.

Согласно результатам, полученным в 2018 г., увеличение уровня концентрации ^3H в подземных водах, по сравнению с 2017 г. СИП было отмечено в 8 скважинах, расположенных на площадках «Сары-Узень», «Дегелен» и «Балапан». Уменьшение концентрации отмечается в 7 скважинах, расположенных также на тех же испытательных площадках.

На площадке «Дегелен», по сравнению с прошлым годом, отмечена общая тенденция на уменьшение удельной активности ^3H в подземных водах, что свидетельствует о снижении интенсивности миграции ^3H в данный наблюдаемый период. Исключение составила скважина С-31Р, где концентрация ^3H увеличилась более, чем в 2 раза.

На площадке «Балапан» в 2018 г. также наблюдается повышение удельной активности ^3H в воде в ряде скважин, расположенных в юго-западной и центральной частях площадки.

В подземных водах площадки «Сары-Узень» в основном фиксируется понижение значений концентрации ^3H , за исключением одной скважины, где отмечено повышение удельной активности ^3H в 2,5 раза – с 2500 Бк/кг (в 2017 г.) до 6100 Бк/кг (в 2018 г.).

Мониторинг воздушной среды. С целью контроля за радиационной ситуацией на СИП и прилегающей территории организовано 5 стационарных постов мониторинга воздуха. Наблюдения проводятся на участках месторождений «Каражыра», «Караджал», на объектах КИР «ИГР» и КИР «Байкал-1», территориально приуроченных к основным испытательным площадкам «Опытное поле», «Балапан», «Дегелен». Контрольный пост мониторинга организован на территории, прилегающей к СИП, в г. Курчатов (рис. 4).

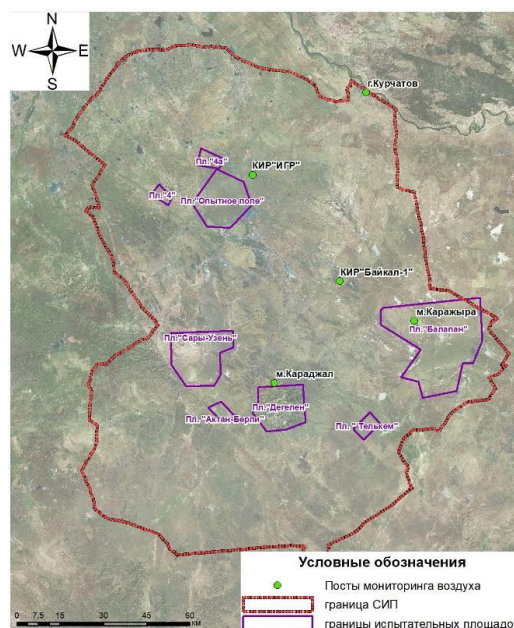


Рис. 4. Расположение стационарных постов мониторинга воздуха

Пробы воздуха отбирались с периодичностью 1 раз в месяц и анализировались на содержание основных дозообразующих радионуклидов – ^{241}Am , ^{137}Cs , ^{90}Sr и $^{239+240}\text{Pu}$. Результаты проведенных работ показали, что на всех постах мониторинга концентрация исследуемых радионуклидов в воздушной среде составила менее предела обнаружения используемой аппаратуры и методик.

Согласно анализу данных мониторинга атмосферного воздуха, полученных в период 2017 – 2018 гг., существенных изменений текущей радиационной обстановки не наблюдается. Перенос радиоактивности воздушным путем за пределы территории СИП не зафиксирован.

В целом, анализ данных мониторинга показывает, что за время проведения наблюдений, перенос радиоактивности воздушным путем за пределы территории СИП не зафиксирован, существенных изменений в содержании техногенных радионуклидов в водной среде полигона не наблюдалось.

CONDUCTING RADIATION MONITORING ON THE TERRITORY OF THE SEMIPALATINIAN TEST SITE

O.N. Lyakhova, A.O. Aidarkhanov, M.R. Aktaev, D.V. Turchenko,
A.K. Aidarkhanova

*Branch "Institute of Radiation Safety and Ecology" of the Republican State Enterprise "National Nuclear Center of the Republic of Kazakhstan",
Kurchatov, 071100, Kazakhstan, e-mail: lyahova@nnc.kz*

Abstract

The results of the radioecological study of the Semipalatinsk test site show there are areas where the level of radioactive contamination exceeded the accepted values a thousand times. Most of them is concentrated within the technical sites, where nuclear tests were conducted. Currently, the main possible ways to spread of radionuclides abroad nuclear testing sites are transfer of solid dust through wind and radionuclide migration with groundwater and surface water. According to this, the existing system of radiation monitoring of the STS is mainly focused on monitoring of the air and water environment.

УДК 712.01

КОНЦЕПЦИЯ РАЗВИТИЯ НИКИТСКОГО БОТАНИЧЕСКОГО САДА (НБС-НИЦ РАН) С УЧЕТОМ ЭКОБИОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ АРХИТЕКТУРНО-ЛАНДШАФТНОГО ПРОСТРАНСТВА

А.Е. Максименко¹, М.Г. Максименко²

¹ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского»,
Академия строительства и архитектуры, г. Симферополь, РФ,
e-mail: maksimenko_alexs@mail.ru

²ФГБУН «Ордена трудового красного знамени Никитский ботанический сад –
Национальный научный центр РАН», г. Ялта, РФ,
e-mail: margarita.maksimenko@mail.ru

Искусственно создаваемая среда обитания, – а такой является архитектурно-ландшафтное пространство, – помимо удовлетворения утилитарных запросов обладает свойством эстетически воздействовать на психику человека, состояние его духовной комфортности. Уровень же комфортности, в свою очередь, отражает меру эстетических достоинств данной среды.

Считается аксиомой, что архитектурный либо скульптурный объект входит в композицию, заложенную в природе, как её неотъемлемая часть. Наиболее весомо это проявилось в садовых и дворцово-парковых ансамблях, созданных на Крымском полуострове в конце XVIII – начале XX вв., которые до сих пор поражают воображение не только геометрическим вживанием в природу, но и философским отношением к ней. Природа является здесь не только фоном, декоративным дополнением к архитектуре, а данностью, определяющей художественный смысл всего крымского паркостроения. На рис.1 показано Архитектурно-ландшафтные комплексы Крыма, являющие собой в высшей степени органичное единство полноценной архитектуры, высокохудожественной декоративной пластики и подлинного искусства паркостроения [1].



Рис.1. Архитектурно-ландшафтные комплексы - органичное единство полноценной архитектуры, высокохудожественной декоративной пластики и подлинного искусства паркостроения.

На рис. 2 показан Всемирно-известный Никитский ботанический сад в Крыму. Его можно сравнить с грандиозной растительной энциклопедией! Общее число гибридов и сортов, которые здесь произрастают, составляет более 28 000. Растительные зоны уже имеют разграничения по видам и сортам, дизайну и ландшафту, тематике. В широко развёрнутом комплексе паркового ансамбля, используются почти все виды монументально-декоративной пластики.

На рис.3-4 показаны декоративно-пластические ландшафтные элементы: аллегорические фигуры и статуи сада и парков, фонтаны, декоративные водные каскады,

садовые вазы и пилоны, мостики, беседки, скамьи, фонари и прочее.



Рис. 2. Никитский ботанический сад в Крыму.



Рис. 3. Садовые вазы и пилоны, мостики, балюстрады и колоннады.



Рис.4. Аллегорические фигуры и статуи сада, беседки

Значение и роль монументально-декоративной пластики в формировании композиции садового ансамбля Никитского ботанического сада на много выше, чем принято думать.

На рис.5. показаны декоративно-пластические доминанты, дающие нам «ключ» к раскрытию общего характера синтеза архитектуры, ландшафта и скульптуры, определяя композиционный, пластический и тематический смысл всего ансамбля [2]. Создаваемый художественный образ мыслится в качестве психодинамического феномена, в значительной мере обусловленного феноменом психоэнергетической природы способностей художника. Посредством декоративно-пластического образа реализуется стремление к установлению гармонического соотношения между различными элементами единой экосистемы, органическими частями которой являются и сама декоративно-скульптурная пластика, этнокультура региона, и общее решение архитектурно-ландшафтного пространства.



Рис. 5. Декоративно-пластические доминанты.

Опираясь на образцы классического искусства, скульптор-дизайнер призван, создавая произведения, гармонично раскрывающие образ ландшафта. Он должен строить свои произведения по законам внутренней архитектоники, по законам «формотворчества» самой природы. Важно не терять цельности и устойчивости всей композиции. Фигуры и группы архитектурно-ландшафтного ансамбля должны быть пронизаны единым пульсирующим ритмом. Эта наполненность, достигается в результате обновления ряда приёмов создания декоративно-пластических элементов, известных ещё в античной скульптуре, контрастности движений, ротации, сдвигов масс, обработки поверхности статуй, чуткой к нюансам света и тени, и в результате достигаемого равновесия, гармонии, призванной служить единой цели – выражению духовного в человеке.

Отправной точкой нашего анализа является геометрическая составная архитектурно-ландшафтного проекта в эмоциональном воздействии на человека. Для архитектурно-ландшафтного пропорционирования не существует единой формулы, которую можно легко применить во всех случаях. Это дело вдохновения, подлинного творчества. Но есть определённый геометрический закон, который служит основой композиции, определяет и упорядочивает её, объединяет всё. Автор додумывает изменения, чтобы во всей композиции восторжествовала полная гармония [4].

Законы божественных пропорций древнего Египта, переименованные в эпоху Возрождения в «Золотое сечение» и переведённые в «Модулоре» Ле Корбюзье в двойную серию чисел, обладают большими достоинствами в проектах. Всё, что сооружено, построено, имеет длину, ширину и объём, построено человеком и для себя. Так или иначе, мерой всего создаваемого является сам человек. Более того, все средства лучших решений безгранично богаты и тонки, потому что вытекают из геометрической закономерности человеческого тела – геометрии грациозной, чёткой и определённой, основанной на гармонии, которая нас восхищает, красоте, оценённой глазом человека и его восприятием. И, действительно, мы не знаем и не можем представить себе лучшего критерия, – говорил Ле Корбюзье – автор «Модулора» – теории измерений, опирающейся на геометрию и построенную по принципу человеческого масштаба. Определение отдельных нюансов, воспринятых визуально человеком, – результат понимания ценности гармоничности и единства пространства физического и биологического» [5].

На рис.6 показано, как на практике, пропорционально размеру архитектурно-ландшафтного участка на плане, учитывая варианты согласно схемам и выкладкам Корбюзье, можно определить, например, размер фонтана. Решение плана определяет возможности габаритных размеров объектов в натуре. Деления по горизонтали и вертикали тоже попадают в систему геометрических выкладок конструктивной схемы.

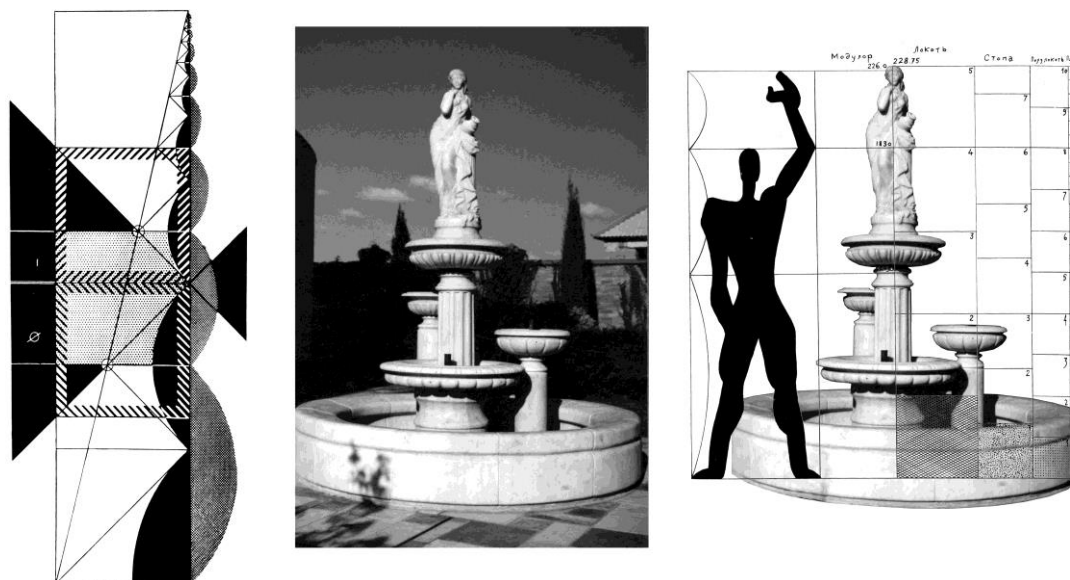


Рис. 6. Использование на практике при создании фонтана геометрического метода пропорционирования Ле Корбюзье.

Отсюда следует вывод, что грамотно сконструированное архитектурно-ландшафтное пространство с ритмическими интервалами, которым подчинены биоритмические процессы человеческого организма, реализуются на уровне комфорта – «человек среда» [6].

Использование на практике при создании монументально-декоративных пластических элементов геометрического метода пропорционирования Ле Корбюзье даёт такую силу их «пластического излучения», что вокруг отдельных скульптур и групп образуются зоны особого воздействия на человека. Любая архитектурно-ландшафтная композиция несёт важное и действенное средство психологической терапии. Наряду с фазами расслабления (релаксации) отрабатываются и фазы концентрации (усиления) мысленных функций, развивающие способность сосредоточения умственного процесса. Парк, сквер, зелёный уголок, все элементы которых сочленены единым ритмическим «узором» и подчинены одной и той же пропорции, способствуют усилению концентрации внимания, если пропорциональный ритмический каркас подходит биоритмическому каркасу человека. Это расширяет экобиологический и биотерапевтический эффект интеллектуально-творческого потенциала. Первое способствует физиологическому оздоровлению тела, а второе – укрепляет жизненный тонус и повышает трудовую, творческую и духовную активность.[7].

Решение пространства, в том числе декоративно-пластического, по законам «Золотого сечения», применяя геометрические графики пропорций «Модулора» Ле Корбюзье, даёт большое поле для размышлений и поиска скульптору, архитектору, дизайнеру ландшафта на уровне начального замысла. Творческий труд автора – это не придание камню новой формы, а умение превратить все элементы архитектурно-ландшафтного пространства в пластическую повесть, вызывающую у зрителя ассоциации, связанные с извечными простыми понятиями: земля, камень, вода, – и, рассчитывая на воображение и знания, каждый раз артистически обыграть изобразительность и гибкость мышления зрителя. Определение таких задач при проектировании и решении экобиологических, архитектурно-ландшафтных, декоративно-пластических композиций с акцентированием внимания на последовательно раскрываемой теме всего ансамбля даёт положительную реакцию воздействия архитектурно-ландшафтного пространства на человека.

Список литературы:

1. Максименко А.Е. Скульптурно-декоративная пластика в архитектурно-ландшафтном пространстве дворцово-парковых ансамблей крым / А.Е. Макси-

- менко // Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада. 2018. Т. 147. С. 223-225.
2. Максименко А.Е. Парки и памятники Севастополя как инструмент духовного, нравственного и патриотического воспитания биосферосовместимой личности / А.Е. Максименко // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2015. № 3 (11). С. 27-38.
 3. Максименко А.Е. Синтетический образ архитектурных и скульптурных форм в дворцовых ансамблях Крыма / А.Е. Максименко // Методология безопасности среды жизнедеятельности Программа и тезисы IV Крымской Международной научно-практической конференции. Под редакцией: А.Т. Дворецкого, Т.В. Денисовой, А.Е. Максименко. 2017. С. 51-52.
 4. Максименко А.Е., Стехина Л.А. Закономерности пропорций в пластической анатомии человека и их влияние на проектирование архитектурно-природной среды / А.Е. Максименко, Л.А. Стехина // Строительство и техногенная безопасность. 2016. № 4 (56). С. 19-24.
 5. Ле Корбюзье. Архитектура XX века, Прогресс, М. 1970.
 6. Максименко А.Е., Малаховская А. И. Бионическая архитектура / А.Е. Максименко, А.И. Малаховская // Строительство и техногенная безопасность. 2016. № 2 (54). С. 8-11.
 7. Максименко А.Е., Малаховская А.И. Синтетический образ архитектурных и скульптурных форм в дворцовых ансамблях Крыма / А.Е. Максименко, А.И. Малаховская // Строительство и техногенная безопасность. 2017. № 9 (61). С. 13-17.

THE CONCEPT OF DEVELOPMENT OF THE NIKITSKY BOTANICAL GARDEN (NBG-NSC RAN) BASED ON ECOBIOLOGICAL FEATURES OF ARCHITECTURAL AND LANDSCAPE SPACE

A.E. Maksimenko¹, M.G. Maksimenko²

¹Federal state autonomous educational institution " Crimean Federal University V.I. Vernadsky", Academy of construction and architecture, Simferopol, Russia, e-mail: maksimenko_alexs@mail.ru)

²Science in the "order of the red banner of labor Nikitsky Botanical garden – national scientific centre of RAS", Yalta, Russia, e-mail: margarita.maksimenko@mail.ru

Abstract

An artificially created environment - and this is an architectural and landscape space - in addition to satisfying utilitarian requests has the property of aesthetically affecting the human psyche, the state of its spiritual comfort. The level of comfort, in turn, reflects the measure of aesthetic advantages of this environment.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ШАХТАХ

Н.В. Малеев¹, Т.Я. Мхатвари², В.И. Эренбург³,

¹Государственное предприятие «Донецкий экспертно-технический центр
Государственного Комитета Гортехнадзора ДНР», г. Донецк, 283023, ДНР,
e-mail: office@don-etc.ru

²Государственное учреждение «Макеевский научно-исследовательский институт
по безопасности работ в горной промышленности», г. Макеевка, 286108, ДНР,
e-mail: taknii2014@inbox.ru

³Государственное предприятие «Донецкий экспертно-технический центр
Государственного Комитета Гортехнадзора ДНР», г. Донецк, 283023, ДНР,
e-mail: v_erenburg@meta.ua

Основными причинами загазирования горных выработок является повышенное метановыделение и недостаточное количество подаваемого в горную выработку воздуха, следствием чего, содержание метана в атмосфере превышает норму. Количество воздуха определяется состоянием вентиляции, а поступление метана изменением горнотехнических и горно-геологических факторов.

Управление метано-воздушными потоками в очистном забое является одной из основных задач схемы проветривания выемочного участка, так как именно здесь наиболее часто происходят вспышки метана. Можно считать, что ряды стоек крепления вдоль очистного забоя, оградительные конструкции механизированной крепи разделяют подаваемую в лаву струю воздуха на несколько потоков. Параметры потоков взаимосвязаны и определяются аэродинамическими характеристиками общего пространства, включающего призабойное и воздухопроницаемое выработанное пространство. Перераспределение потока воздуха, а, следовательно, и концентрации метана, происходит резко и неконтролируемо каждый раз, как только изменяется сечение и аэродинамическое сопротивление выработки, чаще всего вследствие нерегулярности обрушения зависающих пород кровли. При этом часть воздуха вместе с метаном из выработанного пространства перетекает в призабойное, что существенно снижает уровень безопасности ведения очистных работ.

На стадии научных разработок находятся принципиально новые способы управления утечками воздуха, в основу которых положена новая идея изоляции поддерживаемого пространства от выработанного, пенообразующими быстротвердеющими синтетическими материалами.

Другим, достаточно эффективным способом, является разделение призабойного и выработанного пространств путем улучшения аэродинамических характеристик призабойного пространства, позволяющее перераспределить общее количество воздуха, подаваемого в лаву, в сторону увеличения количества воздуха, проходящего непосредственно по призабойному пространству, и уменьшить количество воздуха, проходящего по выработанному пространству.

Улучшение аэродинамических характеристик призабойного пространства возможно за счет повышения герметичности конструкции ограждений механизированных комплексов, а также за счет снижения аэродинамического сопротивления самой механизированной крепи. Естественно создание абсолютно герметичной крепи весьма трудоемкая задача, особенно при передвижке секций.

Тем не менее, для частичной изоляции призабойного пространства от выработанного применительно к механизированному комплексу ЗМКД90МТ была реализована показанная на рис. 1 конструкция парусного устройства, обеспечивающая ми-

нимальный уровень герметизации достаточный для аэродинамического сопротивления утечкам воздуха из призабойного пространства, а также для предотвращения проникновения из выработанного пространства в зону работы очистного оборудования воздушной волны, образующейся при обрушениях кровли.



Рис. 1. Схема навески парусного устройства в лаве и положения измерительных станций 1 и 2 при поперечных съемках метановоздушных потоков

На каждую секцию крепи перед задней стойкой навешивается один элемент паруса (двухслойная полиэтиленовая плёнка). Размеры его по ширине больше ширины секции на 30 мм для обеспечения перекрытия с соседним элементом, а по длине – на всю высоту призабойного пространства.

Испытания эффективности предложенного парусного устройства производилось в 29 орловской лаве пласта k_2 шахты «Молодогвардейская» ОАО «Краснодонуголь». Выемочный участок проветривался по экспериментальной схеме (рис. 2). При прямоточной схеме обеспечивался газоотвод по неподдерживаемому вентиляционному штреку за счет использования второго вентилятора главного проветривания.

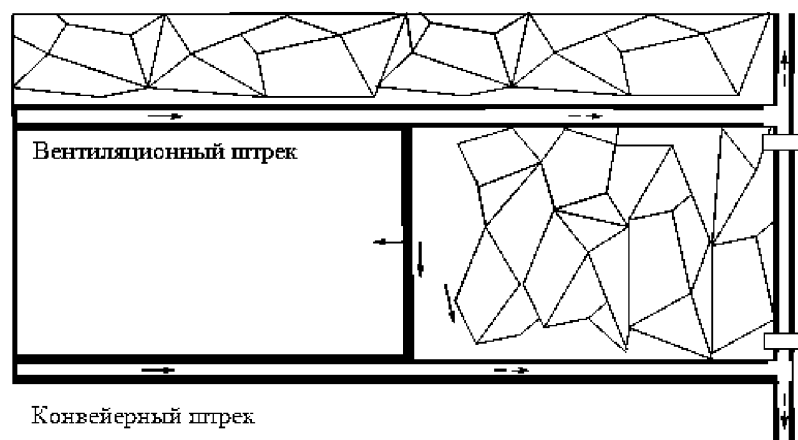


Рис. 2. Схема проветривания выемочного участка 29 орловской лавы шахты «Молодогвардейская»

Для снижения утечек воздуха парусное устройство было навешено по всей длине павы. Оценка его эффективности проводилась по коэффициенту утечек воздуха из призабойного пространства лавы при навешивании парусного устройства и без

него. При этом по сечениям измерительных станций 1 и 2 (рис. 1), а также на всех измерительных станциях выемочного участка измерялись площадь сечения, скорость воздуха и концентрация метана согласно общепринятой методике.

В таблице 1 приведены данные измерений дебита воздуха по контролируемым выработкам.

Таблица 1

Перераспределение воздуха по выемочному участку

№ п/п	Контролируемый воздух	Количество воздуха, м ³ /мин	
		без паруса	с парусом
1.	Поступающий (основной)	950	973
2.	Поступающий (подсвежение)	502	500
3.	Суммарный поступающий	2451	1473
4.	Поступающий в лаву	839	902
5.	Исходящий из участка	1340	1402
6.	Исходящий из лавы по конвейерному ходу	840	1031
7.	Газоотвод	111	71
8.	Утечки в выработанное пространство	500	371

Коэффициент утечек воздуха в выработанное пространство $k_{ут.в}$ используется для установления необходимого количества воздуха для всего выемочного участка и определяется из выражения:

$$k_{ут.в} = k_{оз} \frac{Q_{уч} - Q_{подсв} - Q_2}{Q_{оч}} \quad (1)$$

где $Q_{подсв}$ – количество воздуха для подсвещения исходящей струи, м³/мин.;

$Q_{оч}$ – количество воздуха для проветривания лавы; м³/мин.;

Q_2 – количество воздуха, используемое при газоотводе; м³/мин.;

$k_{оз}$ – коэффициент, учитывающий движение воздуха по части выработанного пространства, непосредственно прилегающей к призабойному пространству.

Так как в чистом виде экспериментально определить $k_{ут.в}$ сложно из-за табличного коэффициента $k_{оз}$, поэтому определим отношение:

$$\frac{k_{ут.в}}{k_{оз}} = \frac{Q_{уч} - Q_{подсв} - Q_2}{Q_{оч}} \quad (2)$$

Соотношение этих коэффициентов составили с парусом и без паруса 1,70 и 2,47 соответственно. Отсюда следует, что в результате применения парусного устройства коэффициент утечек воздуха уменьшился в 1,45 раза.

Таким образом, предлагаемое парусное устройство позволяет перераспределить потоки метановоздушной смеси в очистном забое и является эффективным мероприятием, уменьшающим утечки воздуха из призабойного пространства.

На шахтах Донбасса приблизительно в 55% от общего количества отрабатываемых лав применяется столбовая система разработки. Средняя нагрузка на очистный забой при столбовой системе разработки приблизительно в 3,6 раза, а производительность труда в 2 и более раз выше, чем при сплошной системе.

В связи с этим одним из основных направлений развития угольной промышленности предусмотрено расширение области и объемов использования столбовой системы разработки с внедрением механизированных комплексов высокой производительности.

Почти 90% всех лав, обрабатываемых столбовой системой разработки с погашением вентиляционных выработок вслед за продвижением очистных забоев, проветривают возвратноточной схемой проветривания, к серьезным недостаткам, которой относятся: ограничение пропускной способности рабочего пространства лавы и участка по воздуху (скорости движения воздуха в лаве до 4 м/с); низкая эффективность дегазации; осложнение газовой обстановки на сопряжении лавы с вентиляционной выработкой, что усложняет газовый режим выемочного участка, повышает вероятность загазирования выработок, образования местных скоплений метана, снижает безопасность ведения горных работ.

В последние годы по причинам, связанным с местными скоплениями метана на сопряжении очистных забоев с вентиляционными выработками и в тупиках погашения, произошли аварии на шахтах № 222 ш/у им. 1 Мая, им. 60-летия Советской Украины, им. Д. Ф. Мельникова, «Голубовская», «Винницкая», «Чайкино», им. А.Ф.Засядько, «Краснолиманская», «Южнодонбасская № 1» и др.

Газовыделение из отработанного пространства является основным источником образования местных скоплений метана на сопряжении лавы с вентиляционной выработкой и в тупиках её погашения, где концентрация метана может достигать взрывоопасных значений.

Проведенными ранее исследованиями установлено, что концентрация метана в выработанном пространстве растет по мере удаления от очистного забоя, достигая максимума на расстоянии более 50 м.

Перспективным способом устранения указанных недостатков представляется, разработанный в ДонУГИ и реализованный при использовании вентилятор-эжекторной установки (далее – ВЭУ), состоящей из вентилятора местного проветривания, эжектора и соединительных трубопроводов.

Эжектор представляет собой струйный аппарат, в котором полное давление эжектируемого потока увеличивается под действием более высоконапорного (эжектирующего) потока. Передача энергии от одного потока к другому происходит в результате их турбулентного смешения.

Экспериментальный образец эжектора, предназначенного для изолированного отведения метана из тупиковой части погашаемой вентиляционной выработки, был испытан на аэродинамическом стенде НИИГМ им. М.М.Федорова (рис. 3).

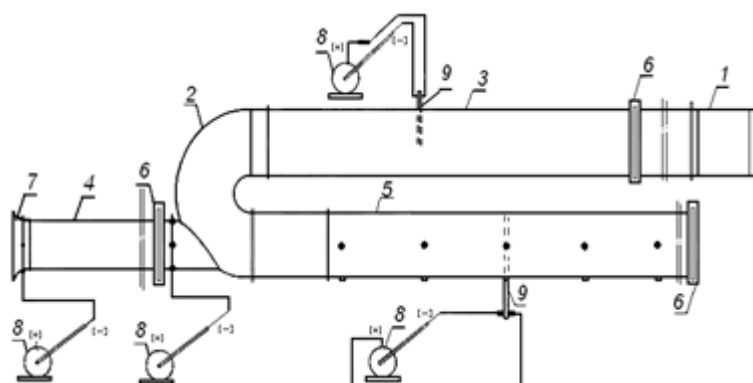


Рис. 3. Схема аэродинамического стенда: 1 – вентилятор ВМ-6; 2 – эжектор; 3 – нагнетательный трубопровод; 4 – всасывающий трубопровод; 5 – смесительная камера; 6 – шиберное устройство; 7 – коллектор Ø 416 мм; 8 – микроманометр ММН-250; 9 – трубка воздухоизмерительная

Выполненный объем заводских стендовых испытаний позволяет осуществить проектирование, как самого эжектора, так и вентилятор-эжекторной установки, в состав которой он входит.

Изменение аэродинамических параметров проветривания выемочного участка в случае использования вентилятор-эжекторной установки осуществлено в условиях

шахты «Краснолиманская» в 1 северной лаве пласта l_3 , проветриваемой по возвратноточной схеме типа 1М-Н-в-вт.

Исследования влияния работы ВЭУ на распределение воздуха по выработкам проводились также на шахте им. А.Г.Стаханова в южной коренной лаве центрального уклона пласта l_1 гор. 1136 м блока № 4. Результаты исследований подтвердили данные, полученные при испытаниях на шахте «Краснолиманская».

Выполненные на этих шахтах исследования влияния работы ВЭУ на аэродинамические параметры выемочных участков позволяют сделать следующие выводы:

– при использовании на выемочном участке вентилятор–эжекторной установки для удаления газовой смеси из тупика погашения вентиляционного штрека происходит снижение расхода воздуха в очистном забое и его увеличение на вентиляционном штреке;

– основное влияние на расход воздуха в лаве оказывают величины подачи ВМП и аэродинамическое сопротивление выработки, используемой для выдачи исходящей струи из лавы (участка);

– увеличение расхода воздуха по вентиляционной выработке способствует более равномерному разбавлению метана в исходящей струе;

– с увеличением коэффициента эжекции и подачи ВМП уменьшается поступление метановоздушной смеси из тупика погашения на сопряжение лавы, а при определенных параметрах имеют место опрокидывание струи и движение части воздуха из лавы по направлению к концу всасывающего трубопровода, что положительно влияет на газовую обстановку на сопряжении лавы с вентиляционной выработкой;

– результаты испытаний показали возможность и эффективность применения ВЭУ для нормализации газовой обстановки на сопряжениях лав с вентиляционными выработками при столбовой системе разработки.

Список литературы:

1. Грядущий В.Б. Исследования влияния ВЭУ на аэродинамические параметры выемочных участков / В.Б. Грядущий, Н.В. Карнаух, Б.Я. Самойленко // Проблемы эксплуатации оборудования шахтных стационарных установок: Сб. науч. тр., Донецк, 2006 - Вып. 100 - С.84 – 95.

PERFECTION OF AERODYNAMIC PROCESSES IS IN MINES

N.V. Maleev¹, T.Y. Mchatvari², V.I. Erenburg³,

¹*State Enterprise «Donetsk Expert and Technical Center of the State Committee Mining and Technical Inspection of DPR», Donetsk, 283023, Donetsk People Republic, e-mail: office@don-etc.ru*

²*State Establishment «Makeyevka Scientific Research on Safety of Works in Mining Industry», Makeyevka, 286108, Donetsk People Republic, e-mail: maknii2014@inbox.ru*

³*State Enterprise «Donetsk Expert and Technical Center of the State Committee Mining and Technical Inspection of DPR», Donetsk, 283023, Donetsk People Republic, e-mail: v_erenburg@meta.ua*

Abstract

The article is sanctified to the separate questions of management by the losses of air in a cleansing coalface and normalization of gas situation on the interface of lava with an outtake at the post system of development.

УДК 556.5.01

**НЕДОУЧЕТ ТРАНСФОРМАЦИИ ВЕЩЕСТВ ПОД ВЛИЯНИЕМ
ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ФАКТОРОВ – ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ
ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОПАСНОСТЬ ХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ**

А.Г. Малышева

*Федеральное Государственное Бюджетное Учреждение «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью»
Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва, 119121, РФ,
e-mail: fizhim@yandex.ru*

Информация о состоянии окружающей среды в отношении экологической безопасности к настоящему времени остается не вполне адекватной степени химического загрязнения среды [1]. Экологическая оценка состояния и качества окружающей среды не соответствует реальному уровню химического загрязнения [2-4]. Не может не вызывать тревоги тот факт, что существующая в нашей стране система государственного экомониторинга качества и химической безопасности среды не учитывает многокомпонентного состава химических загрязнений и протекающих под влиянием природных и техногенных физико-химических факторов процессов трансформации веществ и ориентирована в основном на ограниченное количество показателей [5-9]. Такой подход не позволяет учитывать опасность присутствия ненормированных и неидентифицированных веществ, влияние которых на население остается неконтролируемым, что может представлять угрозу его здоровью. Подчеркнем, что состояние окружающей среды, в частности атмосферного воздуха, поверхностных водных объектов, почвы в промышленных регионах Российской Федерации, в которых проживает значительная часть населения, характеризуется многокомпонентным составом загрязнений [10-13]. В состав веществ, загрязняющих атмосферный воздух, воздушную среду закрытых помещений, водные объекты, входят токсичные и опасные и нередко проявляющие канцерогенное действие вещества, влияние которых на здоровье населения остается бесконтрольным.

Исследования объектов окружающей среды в различных регионах показали, что пробы воздуха, воды, почвы часто содержали неучтенные в технологических выбросах вещества в количествах, превышающих ПДК. Если при контроле ориентироваться только на исходные вещества, заявленные в выбросах, то при отсутствии их в жилой зоне или обнаружении в незначительных концентрациях, можно сделать ошибочный вывод о ситуации экологического благополучия, так как не учитывается тот факт, что при трансформации можно получить новый букет загрязнений, среди которых возможно присутствие веществ более токсичных или опасных, чем исходные. Вещества, поступающие в окружающую среду от источников загрязнения, всегда представлены в виде многокомпонентных выбросов, характерных для каждого производства. Расшифровка многокомпонентного состава загрязняющих веществ, поступающих в окружающую среду с выбросами предприятий, позволила выделить перечни приоритетных веществ, среди которых присутствовали вещества, проявляющие канцерогенное действие. Некоторые из идентифицированных веществ не входили в перечень контролируемых веществ и тома предельно допустимых выбросов (ПДВ).

В таблице 1 показано, что при воздействии деструктурирующих природных (озона, УФ-излучения, оксидов азота, температуры, влажности и др.) и техногенных (под воздействием новых, в том числе природоохранных, технологий) факторов в воздухе

из одного веществ, например бензола, толуола, фенола, пентена и др., возможно образование до 20 и более продуктов трансформации.

Таблица 1

Продукты трансформации органических соединений под действием физико-химических факторов (озон, оксиды азота, УФ-излучение) в реальных условиях загрязнения воздушной среды

Соединение	Продукты трансформации	Количество веществ-продуктов трансформации
Бензол	<i>Нитробензол, нитрофенол, метилнитрат, нитрометан, пропионитрил, 2-бутанон, изобутиронитрил, бензо-нитрил, бутилнитрат, нитропропан, диоксан, ацетон, формальдегид, бутанол, бутаналь, бензальдегид</i>	16
Толуол	<i>Бензальдегид, крезолы, нитротолуолы, 4-нитрофенол, нитро-крезолы, 2-метил-6-нитрофенол, 2-метил-4-нитрофенол, ацетон, формальдегид, ацетальдегид, акролеин, диацетил, бензилнитрат</i>	19
Бензол + толуол	Диэтиловый эфир, изопропанол, метилнитрат, нитро-метан, пропионитрил, бутаналь, бутанон, изобутиро-нитрил, бутанол, пентанол, изобутилацетат, нитрат, нитропропан, метилизобутилкетон, изобутил-ацетат, гексаналь, циклогексанон, 2-метилбутилацетат, пропилбутират, бутилнитрат, бутилпропионат	21
Пентен	<i>Формальдегид, ацетальдегид, метанол, ацетон, диметил-этиловый эфир, пропанол, изопропанол, метилнитрит, метилнитрат, уксусная кислота, муравьиная кислота, пропионовый, масляный альдегиды, пропен-нитрил, 2-метилбутаналь, 2-метилпропаналь, метилэтилкетон, 2-пентанон, 2-гексанон, бензальдегид, бензонитрил, бензофуран, бутилацетат, фурфураль</i>	26
Фенол	<i>Ацетальдегид, фуран, винилацетат, бутаналь, 2-бутанон, 1-метил-1,2,4-триазол, пентаналь, муравьиная, уксусная кислоты, гексаналь, фенилацетилен, циклогексанон, 2-гептанон, гептаналь, бензальдегид, октаналь, фенилацетальдегид, ацетофенон, нитробензол, 1-фенил-1,2-пропандион, нонаналь, о-нитрофенол, деканаль, ундеканаль, додеканаль</i>	25

Примечание: курсивом выделены вещества, более токсичные, чем исходное.

Обнаружено также, что даже из малотоксичных терпеновых соединений, выделяемых растениями, возможно образование более токсичных – альдегидов и кетон. Однако, действующая в настоящее время система эколого-аналитического контроля качества и безопасности окружающей среды нередко включает анализ гигиенически менее значимых соединений, выбранных без учета процессов трансформа-

ции. При этом действие на организм человека широкого спектра продуктов трансформации проходит бесконтрольно.

В качестве примера недооценки многокомпонентности состава химического загрязнения среды можно проиллюстрировать количества органических соединений, поступающих в воздушную среду от разных источников загрязнения. В таблице 2 показано, что в атмосферном воздухе у автодорог с интенсивным движением автотранспорта обнаружено до 175 летучих соединений. В воздухе у мусоросжигательного завода идентифицировано 81 вещество, в том числе в превышающих ПДК концентрациях опасные сероуглерод, акрилонитрил, метакролеин, стирол, гексаналь, нонаналь. Воздух вблизи производства электротехнической промышленности загрязнен 88 соединениями. Помимо винилхлорида, в высоких концентрациях присутствовали хлористый водород, четыреххлористый углерод, бензол, толуол. В воздухе вблизи расположения производства с использованием электронной обработки материалов кабельной промышленности выявлено 115 веществ, среди них токсичные нитрилы, нитросоединения и ацетофенон. В воздушной среде помещений выявлен широкий спектр соединений, относящихся к различным группам химических веществ. Идентифицировано 80 веществ, адсорбированных на бытовой пыли. Обнаружены весьма токсичные вещества – сероуглерод, метакролеин, акрилонитрил. В помещении, где курят, обнаружено 121 вещество, среди них высокотоксичные и опасные – стирол, метилпирозол, метилнитрозамины, изоамилнитрил. В воздухе помещения после евроремонта определено 156 соединений. Процесс приготовления пищи являлся источником появления в помещении 67 соединений, среди них - полициклические ароматические углеводороды, альдегиды, азотсодержащие, серосодержащие соединения. Один из приоритетных источников загрязнения внутренней среды помещений – продукты жизнедеятельности человека. Так, среди продуктов жизнедеятельности, поступающих в воздух с потом и выдыхаемым воздухом, идентифицировано до 200 веществ. Найдено свыше 100 веществ, адсорбированных в волосах человека.

Развитие научно-технического прогресса и применение новых технологий, в том числе природоохранных, и оздоровительных мероприятий с одной стороны направлено на решение непосредственно их целевого назначения, а с другой - одновременно может сопровождаться негативным побочным эффектом [7]. Побочное влияние может проявляться изменением в сторону ухудшения химического состава воздуха или водного объекта, подвергающегося в результате использования данной технологии физико-химическому воздействию (нагревание, хлорирование, озонирование, УФ-облучение, ароматизация, ионизация, фитоионизация, биофильтрация и др.).

Исследования возможного влияния физико-химического воздействия новых природоохранных технологий на окружающую среду и здоровье населения сопряжены с проблемами, связанными с недоучетом многокомпонентности химического состава загрязнений. В связи с этим при оценке эффективности и химической безопасности новых природоохранных технологий и оздоровительных мероприятий актуальность приобретают аналитические исследования, направленные на расшифровку возможно более полного спектра загрязняющих веществ, позволяющие рассматривать окружающую среду как объекты неизвестного состава.

Деятельность пищевых предприятий нередко характеризуется многочисленными жалобами населения, проживающего в районе их расположения, на присутствие запаха. Аналитические исследования выбросов пищевого предприятия на примере процесса производства кофе выявили присутствие более 30 веществ. Среди них привлекли внимание азотсодержащие вещества, включая кофеин, и группа фурановых соединений. Более 90% идентифицированных веществ не имели гигиенических нормативов, следовательно их влияние на здоровье населения оставалось неконтролируемым.

Многокомпонентный состав загрязняющих веществ в воздухе вблизи антропогенных и природных источников

Источник органических компонентов	Количество веществ	Ненормированные вещества, %
Автомобильный транспорт	175	71
Мусоросжигательный завод	81	46
Предприятие электротехнической промышленности с использованием процесса экструзии ПВХ	88	58
Предприятие кабельной промышленности	115	54
Производство синтетических спиртов	80	59
Предприятие металлургической промышленности	73	77
Табачная фабрика	88	58
Фармацевтическая фабрика на основе растительного сырья	30	51
Производство резиновых шин, полимерных и кровельных материалов	60-100	54-60
Процесс утилизации лекарственных препаратов	57	79
Предприятия пищевой промышленности:		
- кондитерское	133	69
- коптильное	80	51
- растворимого кофе	70	54
- жиромучное	48	38
- кормов для домашних животных	71	60
Табачный дым	121	76
Бытовая пыль	80	61
Процесс приготовления пищи	67	74
Ремонт помещения	156	65
Продукты жизнедеятельности человека	186	70
Наземная растительность (18 видов деревьев и кустарников)	56	97

Сравнительная оценка химического состава выбросов до и после очистных сооружений показала существенное снижение уровней содержания группового состава загрязняющих веществ, причем концентрация одного из основных веществ в выбросах - кофеина - уменьшилась почти в 50 раз. Однако обнаружено образование ряда продуктов трансформации. Среди них ненормированные вещества - 2-этилгексаналь, 4-метоксифенол, 2,3,4,5-тетрагидропиразин, бутилпиразин, 4-пиридинамин, нафталин. Даны рекомендации к усовершенствованию этой технологии.

Полигоны и свалки твердых бытовых отходов (ТБО) оказывают негативное воздействие на окружающую среду и людей. Создание, эксплуатация и закрытие полигонов ТБО влечет за собой необходимость решения ряда экологических проблем. Для решения такого рода экологических проблем предлагаются различные варианты оздоровительных мероприятий на территориях размещения полигонов ТБО. На примере полигона ТБО «Тимохово» в Московской области исследованы эффективность и химическая безопасность применения новой технологии очистки и обезвреживания свалочного газа. В результате работы системы очистки свалочного газа установлено снижение суммарной концентрации загрязняющих соединений, содержания уг-

леводородов, в том числе предельных, ароматических, содержание спиртов, кислородсодержащих и серосодержащих соединений от 63 до 2200 раз. Достигнута 100%-ная очистка от обладающих запахом меркаптанов, сульфидов, ди- и трисульфидов, нафтеновых и терпеновых углеводородов и хлорсодержащих соединений. Более 2 раз уменьшилось количество загрязняющих соединений. Однако на выходе из системы очистки идентифицированы не обнаруженные на входе соединения, которые можно рассматривать как продукты трансформации при сжигании углеводородов. Так, идентифицированы: серо- и хлорсодержащее соединение (метилсульфохлорид), стирол, 1-бутанол, фенол, альдегиды (гексаналь, нонаналь, безальдегид, бензацетальдегид), ацетофенон и карбоновые кислоты (уксусная, пропионовая, бутановая, гексановая, октановая, бензойная), фталевый ангидрид, диизобутилфталат, диоксан, 4-метил-2,3-дигидропиран и азотсодержащие соединения (ацетонитрил и оксим бензальдегида). Хромато-масс-спектрометрические исследования, ориентированные на идентификацию с количественной оценкой компонентов воздушных выбросов до и после системы очистки, позволили проводить мониторинг выбросов с учетом реального содержания и изменения группового и компонентного состава под влиянием химического воздействия новой технологии и дать рекомендации по дальнейшему совершенствованию установки по очистке выходящих газов с точки зрения экологических аспектов.

Таким образом, для адекватной оценки состояния и экологической безопасности окружающей среды, химической безопасности применения новых технологий, используемых для оздоровления среды, совершенствования экологического контроля ее безопасности необходим переход с оценки, учитывающей только влияние отдельных веществ, определяемых целевыми анализами, к комплексной оценке, основанной на идентификации максимально полных спектров веществ, содержащихся в объектах окружающей среды, исходя из следующего алгоритма:

- идентификация с количественной оценкой возможно более полного спектра загрязняющих веществ;

- выбор ведущих показателей на основе оценки выявленного компонентного состава загрязнений по степени их гигиенической значимости с учетом комплекса критериев (частота обнаружения, уровни концентраций, групповая принадлежность, специфичность для конкретного типа воздействия и расположенного вблизи источника загрязнения, способность к трансформации, возможность образования более токсичных продуктов трансформации);

- контроль целевыми анализами по выбранным ведущим показателям.

Список литературы:

1. Онищенко Г.Г. Окружающая среда и состояние здоровья населения. Экологическая доктрина России в контексте общенациональной стратегии устойчивого развития // Гигиена и санитария, 2001. - № 3. – С. 3-10.
2. Данилов-Данильян, В.И. Экология, охрана природы и экологическая безопасность. М.: МНЭПУ, 1997. – С. 20 – 22.
3. Малышева А.Г., Рахманин Ю.А. Физико-химические исследования и методы контроля веществ в гигиене окружающей среды. СПб.: НПО «Профессионал»; 2012. – 720 с.
4. Малышева А.Г., Рахманин Ю.А., Растяжников Е.Г., Козлова Н.Ю. Химико-аналитические аспекты исследования комплексного действия факторов окружающей среды на здоровье населения // Гигиена и санитария, 2016. - 94(7). – С. 5-10.
5. Губернский Ю.Д., Лицкевич В.К., Рахманин Ю.А., Калинина Н.В. Проблемные вопросы гигиены жилых и общественных зданий и концепция развития исследований на перспективу // Гигиена и санитария, 2012. – № 4. - С. 12–5.

6. Малышева А.Г. Летучие органические соединения в воздушной среде помещений жилых и общественных зданий // Гигиена и санитария, 1999. – № 1. – С. 43–6.
7. Малышева А.Г., Растянников Е.Г., Беззубов А.А., Козлова Н.Ю., Баева И.В., Абрамов Е.Г. Аналитические исследования при оценке безопасности и эффективности новых технологий в медицине окружающей среды // Гигиена и санитария, 2006.-№1.- С.32-34.
8. Малышева А.Г. Закономерности трансформации органических соединений в окружающей среде // Гигиена и санитария, 1997. – № 3. – С. 5-10.
9. Сидоренко Г.И., Кутепов Е.Н., Растянников Е.Г. и др. Гигиенические аспекты проблемы трансформации органических соединений в атмосферном воздухе // Гигиена и санитария, 1994. - № 4. - С. 4–8.
10. Другов Ю.С., Родин А.А. Газохроматографическая идентификация загрязнений воздуха, воды и почвы. Практическое руководство. М.: БИНОМ, 2005. – 752 с.
11. Красовицкая М.Л., Дмитриев М.Т., Кулеш Т.А., Барихин С.Я. Химические и фотохимические превращения производственных выбросов в атмосфере // Гигиена и санитария, 1984. - № 9. - С. 9–11.
12. Дмитриев М.Т., Кулеш Т.А., Растянников Е.Г. Фотохимическая трансформация выбросов в атмосферу производства бутиловых спиртов и 2-этилгексанола // Гигиена и санитария, 1987. - № 9. - С. 7–9.
13. Хадарцев А.А., Хрупачев А.Г., Ганюков С.П. Трансформация техногенных загрязнителей в атмосферном воздухе // Фундаментальные исследования, 2010. - № 12.- С. 158-164.

**NON-RECEPTION OF TRANSFORMATION OF SUBSTANCES UNDER
THE INFLUENCE OF NATURAL AND TECHNOLOGICAL FACTORS -
ADDITIONAL ENVIRONMENTAL HAZARDS TO CHEMICAL POLLUTION
OF THE ENVIRONMENTAL HEALTH OF THE POPULATION**

G. Malysheva

*Federal State Institution “Center for Strategic planning and management of medical and biological health risks”, Ministry of Health of the Russian Federation,
Moscow, 119121, Russia; e-mail: fizhim@yandex.ru*

Abstract

The state system of eco-analytical monitoring of environmental quality and chemical safety needs to be improved. Information on the state of the environment in relation to chemical pollution obtained by modern physicochemical research methods remains unfulfilled, since the danger of the presence of more than half of the detected substances is not known due to the lack of hygienic standards for them. Environmental assessment of the state of the environment is not adequate to the real level of chemical pollution. The state of public health continues to be assessed for a limited number of indicators without taking into account transformation processes.

ОЦЕНКА СУММАРНОГО ПОСТУПЛЕНИЯ ГЕКСАХЛОРЦИКЛОГЕКСАНА ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ В ВОДЫ ЧЕРНОГО МОРЯ НА ОСНОВАНИИ ДАННЫХ О РАСПРЕДЕЛЕНИИ ЕГО КОНЦЕНТРАЦИЙ

Ю.А. Мальченко, С.А. Боброва, Н.П. Клименко

Севастопольское отделение федерального государственного бюджетного учреждения «Государственный океанографический институт им. Н.Н. Зубова», Севастополь, 299011, РФ, e-mail: mvr121@yandex.ru

Поступление загрязняющих веществ, имеющих явно техногенное происхождение (ксенобиотиков), в объекты окружающей среды контролируется большим количеством факторов, не всегда поддается количественному учету. Главным образом это связано с большим количеством источников, имеющих одну физическую природу, но разнесенных пространственно. В качестве примера можно привести речные воды, имеющие самый разнообразный химический состав и уровень загрязнения. Полный учет вклада каждого из источников физически невозможен, а простое усреднение их состава не дает получить реальной картины загрязнения. Аналогичный, но еще более неопределенный характер имеют оценки поступления веществ с атмосферными осадками. Зачастую, эта статья баланса оценивается как невязка приходно-расходных статей, что не всегда является правильным, но единственным методом количественной оценки, т.к. простая интерполяция эпизодических наблюдений на одной-двух точках совершенно не дает объективной картины атмосферного выноса.

В свете сказанного выше представляется актуальной выработка алгоритма проведения оценок приходных статей баланса загрязняющих веществ в водах Черного моря. В качестве «маркера» более всего подходят наиболее типичные ксенобиотики, отвечающие следующим критериям: применение которых началось сравнительно недавно и у них отсутствуют механизмы, имеющие отличную от нуля вероятность образования в природных системах. Кроме того, по этому веществу должен быть накоплен достаточно продолжительный ряд наблюдений, охватывающий всю площадь. Наиболее полно этим принципам отвечают хлорорганические пестициды, массовое применение которых началось в середине 1950-х, а природных механизмов синтеза – не установлено. Большинство из этих соединений применялось в течение ограниченного промежутка времени (ДДТ и его изомеры и др.), но некоторые продолжают использоваться и в наши дни. К таким соединениям относятся, в частности, изомеры гексахлорциклогексана, наиболее токсичным и массовым из которых является γ -изомер (торговое название – линдан). В Гидрометфонде СО ФГБУ «ГОИН» имеется большое количество информации о содержании линдана в водах Черного моря, охватывающий промежуток времени 1970-х – 90-х годов и всю его акваторию, включая прибрежные районы и все горизонты, вплоть до придонных в Черноморской котловине. Результаты наблюдений за период 1972 – 1992 гг. опубликованы в монографии [1], данные которой и взяты за основу расчетов.

Выполнение этих расчетов для толщи вод определяется еще и уникальностью вертикальной структуры вод Черного моря, в толще вод которого существуют зоны с практически стабильной вертикальной скоростью течения. Перемешивание вод в этих зонах осуществляется по диффузионному и конвективному механизмам, что обеспечивает ламинарность потоков. В этом случае, глубинные воды можно рассматривать как цепь последовательно соединенных реакторов идеального смешения. В этих реакторах протекают процессы деструкции ксенобиотика и для поддержания постоянного градиента, который оставался практически постоянным на протяжении

всего рассматриваемого периода требуется поступление некоторого количества вещества. Это количество будет расходоваться на поддержание постоянного градиента, установившегося в стационарном режиме.

Представление о толще вод Черного моря, как о цепи идеальных реакторов создает предпосылки для расчета поступления вещества исключительно на основании данных о градиенте концентраций, считая переток через проливы пренебрежительно малой величиной и, с учетом противоположно направленных потоков, их результирующая стремится к нулю. Пренебрежительно малую величину составляет и отток ксенобиотика в донные отложения, по крайней мере для его глубоководной части [1, 2]. Анализ данных [1] показывает, что распределение линдана по сезонам имеет два максимума, приходящиеся на весенний и осенний периоды, что свидетельствует о доминировании в поступлении вещества паводковых вод, терригенного стока и атмосферных осадков.

Разброс величин сезонных характеристик запасов линдана на глубинах свыше 100 м связано, вероятно, еще с разной их достоверностью и с различием количества сезонных наблюдений. Наименьшие запасы линдана, очевидно, должны наблюдаться в летний период, когда температура вод достигает максимума, а его потоки с речными водами и атмосферными осадками – к минимуму. Повышенные температуры вод способствуют интенсификации процессов химической деструкции линдана в окислительной среде.

Для проведения такой оценки необходимо определить ряд псевдостационарных граничных условий:

а) в период 1977 – 1992 годов, система характеризовалась стационарностью, а изменение запасов токсиканта проходило по линейным законам и монотонно;

б) распределение величин концентрации линдана в толще водных масс имеет экспоненциальный или степенной характер и наблюдающийся градиент определяется ограниченным массопереносом, связанным с низкими скоростями вертикального переноса;

в) проекция вектора сил горизонтального переноса равна нулю, а приходно-расходные статьи перетока через черноморские проливы пренебрежительно мала;

г) главной движущей силой переноса вещества по вертикали является диффузия.

По данным мониторинга 1972 – 1992 гг. были получены средние значения концентраций, для которых были вычислены коэффициенты тренда для экспоненциальной зависимости, величина которой была использована для расчета «запасов» ксенобиотика накопленных в толще морских вод. На основании данных о вертикальном распределении концентрации токсиканта и предположив истинность гипотезы об их соответствии некоторому мгновенному градиенту, соответствующему определенному периоду в границах рассматриваемого промежутка. Это позволяет определить кинетические характеристики протекающих реакций деструкции линдана в толще вод на различных горизонтах. Если, в первом приближении, принять гипотезу о постоянстве константы скорости реакции по вертикали и ее независимости от других показателей среды ($dk/dh = const$). Тогда, дифференцирование по вертикали логарифмической зависимости «концентрация – глубина», дает распределение градиентов по глубине ($\partial C/\partial h = f(h)$). Расход ксенобиотика в реакциях разложения может быть описан системой уравнений реакции первого порядка:

$$dC/dt = -kC, \text{ где } k = \ln(2)/65 \quad (1)$$

Отношение величин наклона касательных dC/dt и $\partial C/\partial h$ будет определять линейную скорость движения потока вещества через единичную площадку, т.е. величину, численно равную константе диффузии. Результаты расчета, в этих граничных условиях, представлены в таблице 1.

Таблица 1

Вертикальное распределение средней концентрации линдана, а также градиента скорости разложения и массопереноса через единичную площадь

Горизонт, м	Средняя концентрация, нг/л	$\partial C/\partial h$ нг/(л·м)	dC/dt нг/(л·с)	Скорость потока, м/с
0.5	4.9	$-6.40 \cdot 10^{-01}$	$-6.07 \cdot 10^{-07}$	$9.48 \cdot 10^{-07}$
10	4.0	$-3.20 \cdot 10^{-02}$	$-4.89 \cdot 10^{-07}$	$1.53 \cdot 10^{-05}$
50	2.8	$-1.44 \cdot 10^{-02}$	$-3.46 \cdot 10^{-07}$	$2.40 \cdot 10^{-05}$
100	2.6	$-2.88 \cdot 10^{-03}$	$-3.21 \cdot 10^{-07}$	$1.11 \cdot 10^{-04}$
200	2.3	$-2.16 \cdot 10^{-03}$	$-2.84 \cdot 10^{-07}$	$1.31 \cdot 10^{-04}$
500	1.9	$-8.73 \cdot 10^{-04}$	$-2.35 \cdot 10^{-07}$	$2.69 \cdot 10^{-04}$
1000	1.5	$-5.77 \cdot 10^{-04}$	$-1.85 \cdot 10^{-07}$	$3.21 \cdot 10^{-04}$
2000	1.1	$-3.25 \cdot 10^{-04}$	$-1.30 \cdot 10^{-07}$	$3.99 \cdot 10^{-04}$
2200	1.0	$-2.95 \cdot 10^{-04}$	$-1.23 \cdot 10^{-07}$	$4.18 \cdot 10^{-04}$

Как видно из данных таблицы 1, первичное допущение о постоянстве константы скорости реакции требует от системы, для поддержания ее стационарности, роста скорости диффузии вещества с увеличением глубины (ускорения массопереноса с глубиной). Это не соответствует проводимым измерениям скорости течений в толще вод Черного моря.

По данным [2, 3], средняя скорость вертикальных течений в Черном море составляет величину около $n \cdot 10^{-6}$ м/с. Если взять за основу величину $1 \cdot 10^{-6}$ м/с, то можно выполнить обратный расчет периода полуразложения линдана на стандартных гидрологических горизонтах. Результаты этих расчетов представлены на рис. 1.

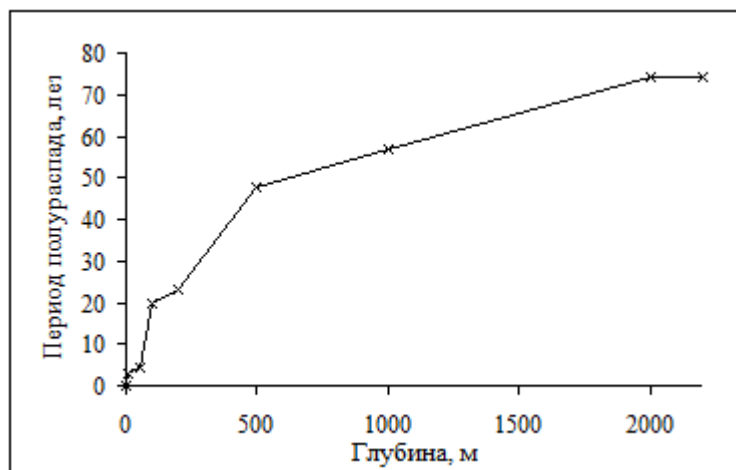


Рис. 1. Зависимость периода полуразложения линдана от глубины

Приведенные зависимости свидетельствуют о наличии сложной и нелинейной зависимости периода полуразпада линдана с глубиной. Наиболее правдоподобным выводом является вывод о том, что константа скорости реакции зависит не только от температуры, но и от других физико-химических параметров морской среды. Не последнюю роль в химизме распада линдана играет смена знака окислительно-восстановительного потенциала на границе кислородной и сероводородной зоны, а также увеличение концентрации последнего с глубиной. В отличие от окислительной зоны, при доминировании сероводорода не существует действенных механизмов разрушения молекулы токсиканта и его распад протекает, в основном, только за счет гидролиза.

Если признать справедливость гипотезы о нахождении системы последовательных реакторов идеального смешения в стационарном состоянии, то можно провести расчет убыли концентрации, как функции глубины методом численного интегрирования. Полученная интегральная величина, с учетом объема Черного моря ($5.4 \cdot 10^{17}$ л) и продолжительности года, требует для поддержания системы в стационарном состоянии поступления линдана порядка 400 т в год. Эта оценка имеет более высокое значение чем в монографии [1], что, скорее всего, связано с низкой достоверностью расчета интегральных потоков ксенобиотика с атмосферными выпадениями (в т.ч. и прямого выпадения аэрозолей), а также неравномерным поступлением вещества со стоком рек и, в особенности, плохим алгоритмом учета вклада малых рек.

Выводы

Примененный метод расчета интегральных характеристик запасов хлорированных углеводородов на примере линдана показывает, что, несмотря на снижение его концентрации с глубиной, основная часть его запасов сосредоточена в глубине Черноморской котловины. Это создает предпосылки для его накопления и дальнейшего роста концентрации. Такое предположение базируется на данных о снижении скорости разложения линдана с глубиной.

Выполненная оценка суммарного поступления токсиканта составляет порядка 400 тонн в год, что дает общее представление об объемах поступления пестицида в воды Черного моря, которая, несмотря на отдаленность рассматриваемого периода от современности, отражает порядок величин поступления. Это утверждение базируется на основе анализа структуры его производства и применения в причерноморских государствах.

Эта работа была выполнена при поддержке Российского Фонда Фундаментальных исследований, грант № 17-05-41101.

Список литературы:

1. Гидрология и гидрохимия морей. Т. IV. Черное море. Вып. 3. Современное состояние загрязнения вод Черного моря // Под ред. А.И. Симонова, А.И. Рябикина. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 1993. – 230 с.
2. Гидрология и гидрохимия морей. Т. IV. Черное море. Вып. 1. Гидрометеорологические условия // Под ред. А.И. Симонова, Э.Н. Альтмана. С-Пб: Гидрометеоиздат, 1991. – 429 с.
3. Б.А. Скопинцев. Формирование современного химического состава вод Черного моря. Л.: Гидрометеоиздат, 1975. – 236 с.

ESTIMATES OF TOTAL HEXACHLOROCYCLOHEXANE INCOME FROM VARIOUS SOURCES IN THE BLACK SEA WATER ON THE BASIS OF DATA ON DISTRIBUTION OF ITS CONCENTRATION

Yu.A. Malchenko, S.A. Bobrova, N.P. Klymenko

Sevastopol branch of the federal state budgetary institution "State Oceanographic Institute im. N.N. Zubova", Sevastopol, 299011, Russia, e-mail: mvr121@yandex.ru

Abstract

Based on long-term observations of the concentration of lindane in the Black Sea, its reserves and half-life period were refined. To maintain the existing concentration gradient, the toxicant flux is required at the level of 400 tons per year. It is also shown that with an increase in depth, an increase in the decay period of lindane occurs, the value of which on the surface is 65 days (according to experimental data), up to 70-80 years at a depth of 2000 m.

УДК 544.15

РАДИАЦИОННО-ХИМИЧЕСКОЕ РАЗЛОЖЕНИЕ СПАВ В СТОЧНЫХ ВОДАХ

Н.Т. Мамедова, У.А. Кулиева, М.А. Курбанов

*Институт Радиационных Проблем НАН Азербайджана,
г. Баку, AZ1143, Азербайджанская Республика,
e-mail: n.memmedova1987@gmail.com, ulviyegulieva13@gmail.com*

В данной работе изучено изменение рН-показателя, химического потребления кислорода (общей концентрации углеводов) и концентрации ПАВ при гамма облучении водных растворов лаурилсульфат натрия при исходных концентрациях 0,5 и 1 мг/л при дозах 0,2-36 кГр. Установлено, что степень разложения ЛСН составляет 95 и 97% при поглощенной дозе 0,2 кГр.

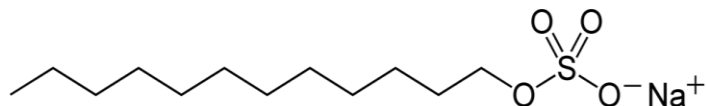
Введение. Синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ) относятся к числу наиболее распространённых загрязнителей, присутствующих в сточных водах многих производств. Они являются трудно окисляемыми, плохо очищаются традиционными методами, такими как абсорбция, коагуляция, пенообразование, биохимические и электрохимические методы и др. Более эффективными являются физические методы - ультразвуковые, радиационные, магнитные [1]. Радиационно-химические методы технологически является более простыми, легко управляемыми и не требует химических реагентов.

Этим методам очистки сточных вод от СПАВ посвящён ряд работ [1-4]. Изучены уменьшение концентрации ПАВ в зависимости от поглощенной дозы и их исходных концентраций. Установлено, что для разложения 50% ПАВ необходима доза 0,15 кГр, 99% ПАВ - 0,54 кГр с выходами ~1 молекула/100 эВ и ~0,6 молекул /100 эВ [5]. В работе [6] исследованы влияние дозы, исходной концентрации ПАВ, растворенного кислорода, рН раствора и др. параметров. Установлено, что изменение концентрации от 5 до 20 мг/л практически не влияет на выход ПАВ. В щелочной среде радиационного разложения ПАВ вообще не наблюдается. В кислой среде величина выхода G(-ПАВ) возрастает [5].

Для оптимизации процесса очистки имеется необходимость изучения этого процесса.

В данной работе изучен радиолит модельных водных систем, содержащих разные концентрации СПАВ. Определены параметры радиационно-химического процесса - выходы разложения СПАВ, изменения рН и ХПК в зависимости от поглощенной дозы.

Методика. В качестве СПАВ использован лаурилсульфат натрия ($C_{12}H_{25}SO_4Na$ (ЛСН), СПАВ производства компании Merck KGaA, Germany - натриевая соль лаурилсерной кислоты, анионоактивное поверхностно-активное вещество, порошок белого цвета. Растворимость в воде - не менее 130 г/л (при 20 С).



Подготовлены водные растворы СПАВ с концентрациями 0,5 и 1 мг/л. Подготовленные образцы облучали гамма-излучением от изотопа ^{60}Co в статических условиях, в стеклянных ампулах при комнатной температуре при наличии растворенного кислорода ($2,7 \times 10^{-4}$ М). В каждую ампулу добавляли 100 мл раствора. Мощность дозы определялась ферросульфатной дозиметрией и составляла 0,14 Гр/сек. Поглощенная доза составляла 0,2-36 кГр. Химическое поглощение кислорода (ХПК), кислотность (рН) и концентрацию ЛСН определяли по стандартным методикам [7-9].

Результаты и их обсуждение. Изучены изменение рН-показателя, химического потребления кислорода (общей концентрации углеводов) и концентрации ПАВ при гамма-облучении растворов лаурилсульфата натрия с исходными концентрациями ПАВ 0,5 и 1 мг/л при дозах 0,2-36 кГр. Результаты представлены ниже.

В таблице 1 представлена зависимость изменение концентрации СПАВ от поглощенной дозы при начальных концентрациях СПАВ 0,5 и 1 мг/л в водном растворе.

Таблица 1

Изменение концентрации СПАВ от поглощенной дозы

D, кГр	0,5 мг/л СПАВ	1 мг/л СПАВ
0	0,5	1
0,2	0,07	0,03
0,5	0,09	0,04
0,8	0,092	0,046
3,5	0,098	0,046
8,6	0,048	0,028
21	0,026	0,025
36	0,02	0,03

Как видно из приведенных в таблице данных, в условиях эксперимента концентрация СПАВ резко уменьшается при облучении дозами больше 0,2 кГр и достигает стационарного значения, соответствующего степени превращения более 95%. При этом радиационно-химические выходы процесса разложения СПАВ составляет 0,06 молекул/100 эВ при концентрации СПАВ 0,5 мг/л. Повышение концентрации СПАВ в 2 раза приводит к росту величины радиационно-химического разложения СПАВ до 0,16 молекул/100 эВ, т.е. наблюдается почти линейная зависимость радиационно-химического выхода разложения СПАВ от его исходной концентрации.

На рис.1. показана зависимость кислотности (рН) раствора от времени облучения ЛСН.

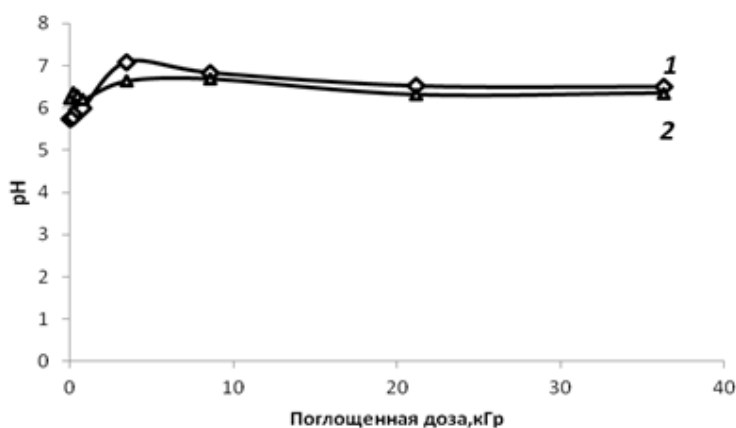


Рис.1. Зависимость кислотности (рН) раствора от времени облучения: 1 - 0,5 мг/л ЛСН, 2 - 1 мг/л ЛСН

Как видно из полученных результатов с ростом поглощенной дозы величина рН слегка увеличиваются с 5,74 до ~6,5÷6,8, т.е. кислотность раствора слегка уменьшается. С ростом исходной концентрации лаурилсульфата натрия влияние поглощенной дозы на величину рН становится меньше в изучаемом интервале.

На рис.2 представлено изменение ХПК в зависимости от поглощенной дозы.

Как видно из рис.2, рост поглощенной дозы приводит к уменьшению ХПК почти в 2 раза при облучении водного раствора, содержащего 0,5 мг/л лаурилсульфата натрия.

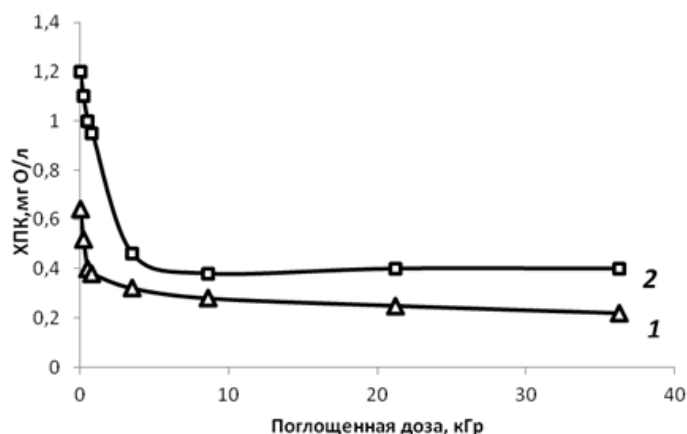


Рис.2. Зависимость ХПК раствора от поглощенной дозы: 1 - 0,5 мг/л ЛСН, 2 - 1 мг/л ЛСН

Выводы:

1. Определены степени разложения лаурилсульфат натрия в водных растворах с исходными концентрациями 0,5 и 1 мг/л при дозе 0,2-36 кГр, которые составляют 95 и 97% соответственно

2. Полученные результаты свидетельствуют о том, что радиационно-химическая технология является эффективным методом тонкой очистки воды от СПАВ.

Список литературы:

1. Волкова Г.А. Методы очистки сточных вод, содержащих синтетические поверхностно-активные вещества / Г.А. Волкова, Н.Ю. Сторожук // Вестник Брестского государственного технического университета, 2012. - №2, - С.38-41
2. Chitra S. Advanced Oxidation Processes for the Treatment of Surfactant Wastes/ K. Paramasivan, A.G. Shanmugamani // J. Chem. Eng. Chem. Res, 2014.-Vol. 1, - No. 3, - P. 163-173
3. Субботкин Л.Д. Очистка сточных вод от поверхностно-активных веществ методом электрофлотокоагуляции / Л.Д.Субботкин, Н.Ю. Вербицкая // Строительство и техногенная безопасность, 2011,-Вып.38 - С.96-106
4. Фетисов Р.О. Сорбционная очистка сточных вод от СПАВ отходом производства сахарной промышленности-Сатурационным осадком// дис. ... канд. технических наук. Белгородский гос. тех. университет им. В.Г. Шухова, Белгород 2015. - 148 С.
5. Долин П.И. Радиационная очистка воды / П.И. Долин, В.Н. Шубин, С.А. Брусенцева // М.: Наука, 1973. — 152 с.
6. Fleischman M., Gamma irradiation of dilute aqueous alkyl benzenesulfonate solutions/ R.H. Price, M. Fleischman // Environmental Science & Technology 1967, P.-573-577
7. СТБ ISO 8467-2009. Качество воды. Определение перманганатной окисляемости
8. СТБ ISO 10523-2009. Качество воды. Определение pH
9. СТБ ISO 7875-1:1996. Качество воды.Определение содержания поверхностно-активных веществ

RADIATION-CHEMICAL DECOMPOSITION OF SYNTHETIC SURFACTANTS IN WASTE WATERS

N.T. Mamedova, U.A. Gulieva, M.A. Gurbanov

*Institute of Radiation Problems of NAS Azerbaijan, Baku, AZ1143, Republic of Azerbaijan
e-mail: n.memmedova1987@gmail.com, ulviyegulieva13@gmail.com*

Abstract

The pH value change, chemical oxygen demand (total hydrocarbon concentrations) and surfactant concentration of aqueous solutions of sodium lauryl sulphate at their initial 0.5 and 1 mg/l concentrations were studied under gamma irradiation at 0.2-36 kGy irradiated doses. It was determined, that the decomposition degree of SLS is 95 and 97 % at 0.2 kGy adsorbed dose.

УДК 504.064.3

ИЗУЧЕНИЕ КИНЕТИКИ И МЕХАНИЗМА ФОТОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ С УЧАСТИЕМ МЕТАНА В ВОЗДУШНОЙ СРЕДЕ

С.М. Мамедова, О.М. Махмудов, М.А. Курбанов

*Институт Радиационных Проблем НАНА, Баку, AZ1143, Азербайджан,
e-mail: saida.mamedova.66@mail.ru*

Метан является наиболее важным представителем органических веществ в атмосфере и занимает второе место после углекислого газа по эффективности поглощения теплового излучения Земли. Его концентрация значительно превышает концентрацию оставшихся органических соединений. Время жизни метана в атмосфере 8–12 лет [1, 2]. Основными источниками выбросов метана являются энергетика, автомобильный и авиационный транспорт, черная и цветная металлургия, химическая, нефтехимическая и угольная отрасли. С ростом содержания метана изменяются химические процессы в атмосфере, что может привести к ухудшению экологической ситуации на Земле. Естественно возникает вопрос об управлении химическими и физическими процессами, в которых принимает участие метан.

Целью работы является определение кинетических параметров фотохимического разложения метана в воздушной среде под действием ВУФ-излучения.

Эксперименты проводились на установке, схема которой приведена в. Газофазные смеси готовили на вакуумной установке и подавали в реакционный сосуд преимущественно откачкой. Во избежание потери источника излучения помещали внутрь фотолитической ячейки [3]. Начальное парциальное давление метана составляло: $P_1=0,13$ кПа и $P_2=22,5$ кПа. При этом парциальное давление воздуха, содержащего 2% водяного пара, изменялось от 0,13 кПа до 99,8 кПа. Рабочий интервал давления выбран в связи с тем, что именно при от 0,13 кПа до 99,8 кПа наблюдается практически полностью поглощение метана. Таким образом, ВУФ-фотолиз сложной смеси $N_2-CH_4-O_2-H_2O$ исследован в интервале соотношения компонентов $[воздух]/[CH_4]=0\div 750$. Поток ВУФ – излучения, определяемый по образованию СО из CO_2 , составлял $I = 4,4 \cdot 10^{15}$ квант/с [4]

Для повышения достоверности определения скоростей и квантовых выходов продуктов во всех случаях исследованы временные зависимости изменения концентрации продуктов в реакционной смеси, и скорости реакции определялись по начальным линейным участкам кинетических кривых: $[N] = f[\tau]$.

На рис. 1 приведены кинетические кривые образования H_2 , СО и разложения CH_4 при ВУФ-фотолизе метан воздушных смесей.

По линейным участкам кинетических кривых (рис.1) определены квантовые выходы H_2 и СО, установлена зависимость квантовых выходов $H_2(1)$ и $CO(2)$ от соотношения компонентов при ВУФ ($\lambda_1=123$ нм)-фотолизе смеси метан-воздух, $P_{1(CH_4)}=0,13$ кПа, $P_{возд.}=0.13\div 99.8$ кПа. (см.рис.2, 3)

Как видно из рисунка, при $P(CH_4)=0,13$ кПа увеличение давления воздуха до $P_{(возд.)}=99,8$ кПа приводит к уменьшению квантового выхода водорода от $0,45\div 0,5$ молек/квант до 0,1 молек/квант. При этом квантовый выход СО сложным образом зависит от парциального давления воздуха, т.к. при $P_v \leq 6,7$ кПа выход СО растет от нуля до 0,27 молек/квант, в интервале $P=6,7\div 46,6$ кПа остается почти постоянным ($P \approx 0,2\div 0,5$), а при $P > 46,6$ кПа растет. В этих условиях образование озона не обнаружено.

При парциальном давлении метана $P_2(CH_4)=22,5$ кПа изменение соотношения $[воздух]/[CH_4]$ наблюдается в пределах $1,0\div 5,0$, квантовый выход водорода

уменьшается от $0,47 \div 0,50$ до $0,27$ молек/квант, а $\phi(\text{CO})$ растет до $0,2$ молек/квант (рис.3).

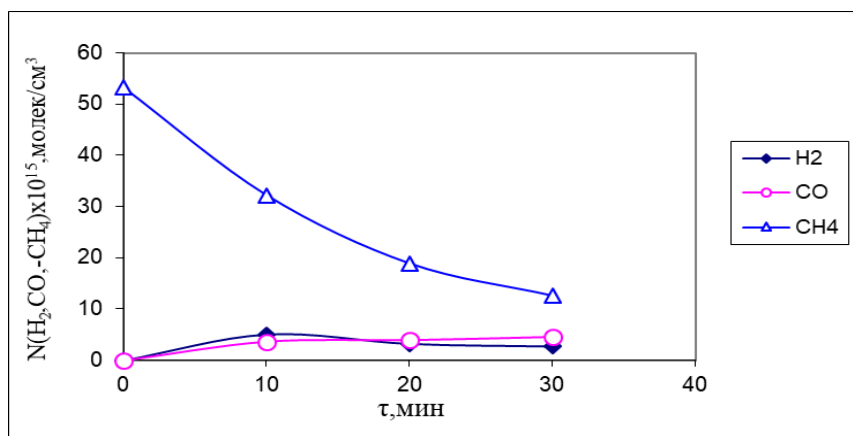


Рис.1. Кинетика образования H₂(1), CO(2) и разложения CH₄(3) при ВУФ($\lambda=123$ нм) – фотолизе воздуха, содержащего 2% водяного пара.

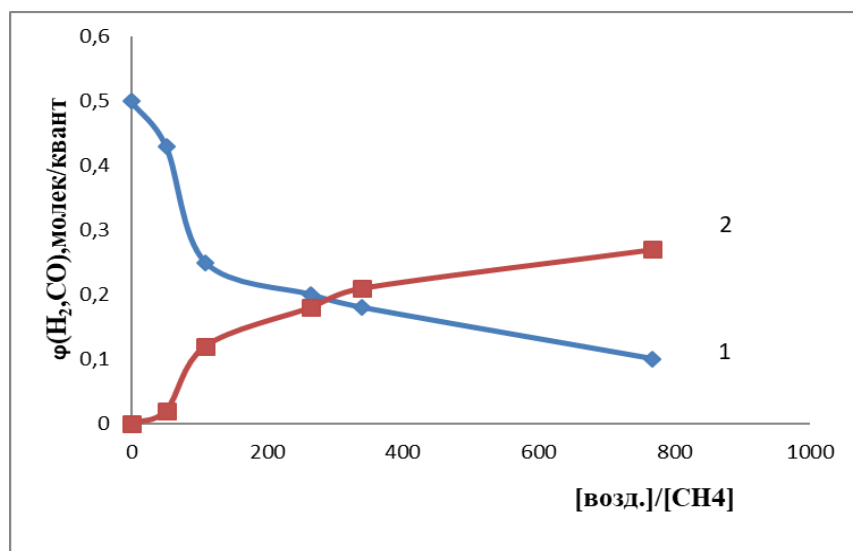


Рис. 2. Зависимости квантовых выходов H₂(1) и CO(2) от соотношения компонентов при ВУФ ($\lambda_1=123$ нм)-фотолизе смеси метан-воздух, $P_{1(\text{CH}_4)}=0,13$ кПа, $P_{\text{возд.}}=0.13 \div 99.8$ кПа.

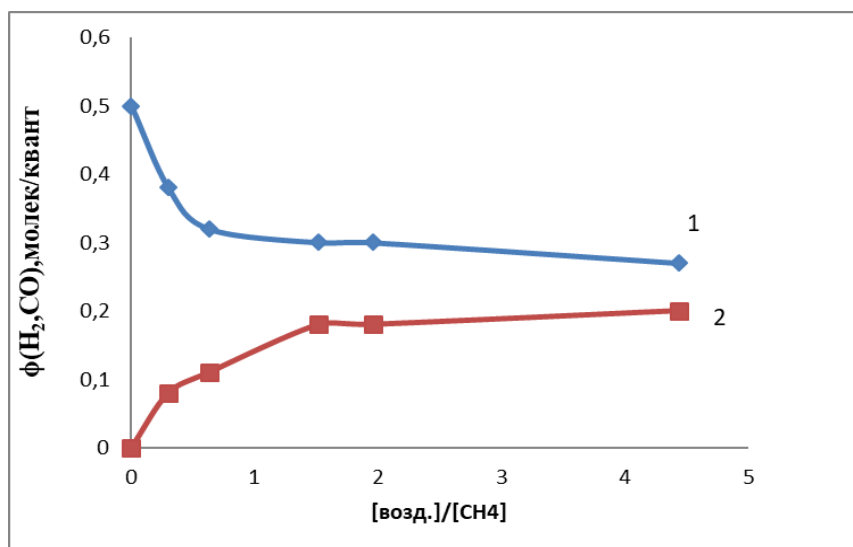
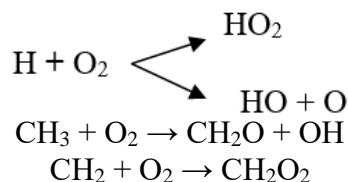


Рис. 3. Зависимости квантовых выходов H₂(1) и CO(2) от соотношения компонентов при ВУФ ($\lambda_1=123$ нм)-фотолизе смесей CH₄-воздух, $P_{o(\text{CH}_4)}=22,5$ кПа, $P_{\text{возд.}}=0.13 \div 99.8$ кПа

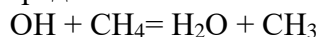
Молекулярный водород при фотолизе метана образуется по двум каналам:



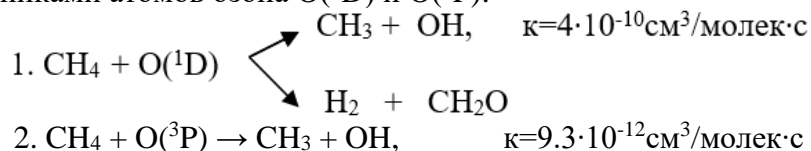
С повышением концентрации O_2 до 50 % выход водорода уменьшается от 0,45 до 0,15 молек/квант. Дальнейший рост концентрации воздуха до 90 % практически не влияет на выход водорода. Такая зависимость $\varphi(\text{H}_2)=f([\text{O}_2])$ связана с вторичными реакциями захвата атомов H и углеводородных радикалов ($\text{CH}_2, \text{CH}_3, \text{C}_2\text{H}_5$) кислородом:



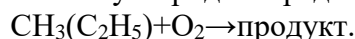
В результате конкуренции с увеличением концентрации кислорода уменьшается выход водорода. Поскольку в обоих случаях выходы водорода уменьшаются, а выходы моно - оксида углерода увеличивается, одновременно уменьшаются образования радикалов OH . Как известно, метан, как и многие другие примеси, исчезает из атмосферы, в основном в реакциях с радикалами OH :



Следовательно, выбросы метана могут оставаться в атмосфере и реагировать с предшественниками атомов озона $\text{O}(^1\text{D})$ и $\text{O}(^3\text{P})$:



Следует отметить, что в присутствии примеси воздуха в метане даже при $[\text{воздух}] \geq 1\%$ процессы образования углеводородных газов полностью подавляются из-за быстрой реакции взаимодействия углеродных радикалов с кислородом



Таким образом, выбросы метана влияют на скорость генерации озона в атмосфере, что, в конечном счете, может привести к уменьшению равновесной концентрации озона в атмосферы.

Предложена кинетическая схема реакций в смеси, которая удовлетворительно согласуется с экспериментальными данными.

Список литературы:

1. Warneck P. Chemistry of the Natural Atmosphere. N.Y.: Acad.Press, 1988. – P. 757.
2. Бажин Н.М. Метан в атмосфере / Бажин Н.М. / ХИМИЯ, 2000, Т. 1. – С. 381–396.
3. Mustafaev I.I Proceedings of the First Trabzon International Energy and Environmental Symposium. /Mustafaev I.I., Mamedova S.M., Mahmudov O.M. // 1996, July 29-31, Trabzon, Turkey. - P.1159-1162
4. Окабе Х. Фотохимия малых молекул. М., 1981, -С.500.

STUDY OF KINETICS AND MECHANISM OF PHOTOCHEMICAL PROCESSES WITH PARTICIPATION OF METHANE IN THE AIR

S.M. Mamedova, O.M. Makhmudov, M.A. Kurbanov

Institute of Radiation Problems of ANAS, Baku, AZ1143, Azerbaijan,

e-mail: saida.mamedova.66@mail.ru

Abstract

Methane is the most important representative of organic matter in the atmosphere and ranks second after carbon dioxide in terms of the efficiency of absorption of thermal radiation from the Earth. The main sources of methane emissions are energy, automobile and air transport, ferrous and nonferrous metallurgy, chemical, petrochemical and coal industries.

With increasing methane content, chemical processes in the atmosphere change, which can lead to a deterioration of the ecological situation on Earth.

In this work, the initial pressure of methane was: $P_1 = 0.13$ kPa and $P_2 = 22.5$ kPa, and the air pressure containing 2% water vapor ranged from 0.13 kPa to 99.8 kPa. The VUV photolysis of a complex mixture of N_2 - CH_4 - O_2 - H_2O was studied in the range of ratios of the components $[воздух]/[CH_4]=0\div 750$. VUV flux - radiation $I = 4,4 \cdot 10^{15}$ квант/с. The results obtained allow us to study in detail and consistently the processes of photochemical transformation of methane in a mixture of CH_4 - H_2O - O_2 , as well as the mechanism of chemical reactions in multicomponent systems. Nevertheless, the study of the chemical mechanism of human impact on the environment, and in particular on the stratosphere, remains the most important task today.

ФОТОХИМИЧЕСКОЕ РАЗЛОЖЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ МОЛЕКУЛ В ВОЗДУШНОЙ СРЕДЕ

С.М. Мамедова¹, И.И. Мустафаев²

¹Институт Радиационных Проблем НАНА, Баку, AZ1143, Азербайджан, e-mail: saida.mamedova.66@mail.ru

²Азербайджанский Архитектурно-строительный Университет, Баку, AZ1143, Азербайджан, e-mail: imustafayev@mail.ru

В последние годы среди проблем антропогенного загрязнения природы большое внимание уделяется проблеме воздействия органических веществ разных классов. Поэтому изучение закономерностей фотохимического образования кислородсодержащих органических молекул (ОМ) имеет большое значение с учетом аномальных явлений, происходящих в атмосфере. Процессы структурных изменений органических молекул под воздействием ВУФ - излучение важны для понимания проблемы явлений окружающей среды в химии атмосферы. Кроме того, они играют важную роль в современных технологиях переработки углеводородов [1-2].

Газофазные смеси готовили на вакуумной установке и откачкой подавали в реакционную емкость. Во избежание потери источника излучения лампу поместили внутрь фотолитической ячейки [3]. В качестве ВУФ - излучения использовались источники криптоновых и ксеноновых резонансных ламп. Эксперименты проводились при ВУФ - фотолизе ($\lambda=147\text{нм}$) смесей ацетон-воздух, $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ -воздух, CH_3COOH -воздух. Начальное давление влажного воздуха составляет $P_0(\text{H}_2\text{O})=2,6\text{кПа}$, а P_0 (ацетон, муравьиная кислота, этиловый спирт)= 2кПа .

Целью работы являлось определение кинетических параметров фотохимического разложения метана и его продуктов в воздухе под действием ВУФ - излучения.

На рис. 1 показана кинетика разложения метана при ВУФ- фотолизе ($\lambda_1=123\text{ нм}$) смесей CH_4 -воздух с при широком интервале изменения давлений смесей.

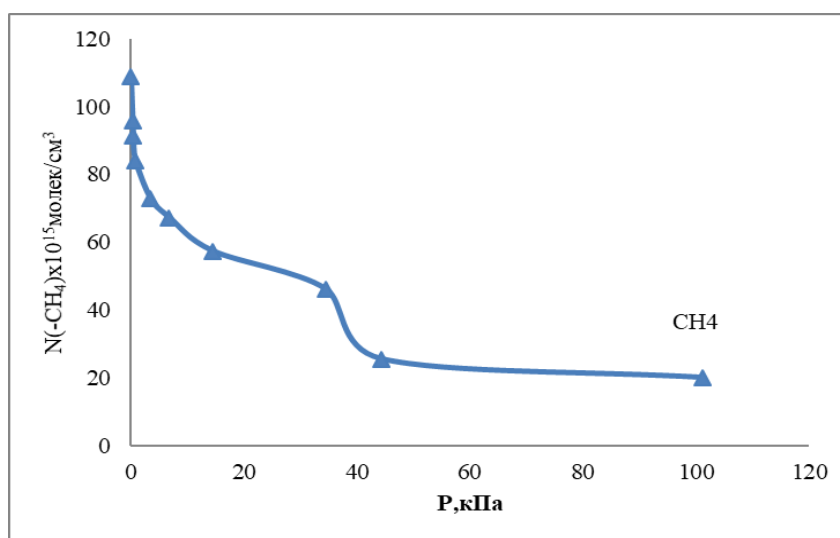


Рис. 1. Кинетика разложения метана при ВУФ - фотолизе ($\lambda_1=123\text{ нм}$) смесей CH_4 -воздух

Из рисунка 2 видно, что образование кислородсодержащих органических соединений наблюдается с более высокой скоростью при длине волны $\lambda_2=147\text{ нм}$. Из этих кривых определены квантовые выходы продуктов (H_2 , CO) разложения органических молекул. Показано, что при отсутствии воздуха квантовые выходы водорода равны: $\phi_1=0,68$, $\phi_2=0,56$, $\phi_3=0,38$ молек/квант. В присутствии воздуха в пределах из-

менения соотношения концентраций $[\text{воздух}]/[\text{ОМ}] = 0,1 \div 100$ % квантовые выходы водорода снижаются в $1,5 \div 2,5$ раза. В кинетической области квантовые выходы водорода при ВУФ-фотолизе смесей этиловый спирт-воздух (2) и уксусная кислота-воздух (3) имеют следующие значения: $\varphi(\text{H}_2) = 0,43 \div 0,39$ молек/квант, $\varphi(\text{H}_2(3)) = 0,2 \div 0,25$ молек/квант.

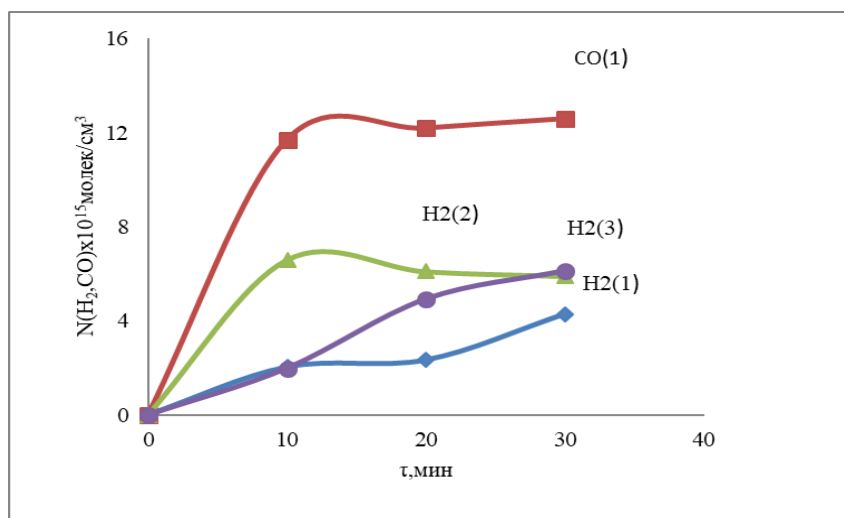


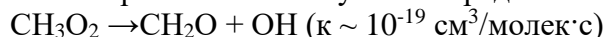
Рис. 2. Кинетика образования H_2 и CO при ВУФ- фотолизе ($\lambda = 147\text{нм}$) смесей ацетон-воздух (1), $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ -воздух (2), CH_3COOH -воздух (3) при давлении влажного воздуха $P_0(\text{H}_2\text{O}) = 2,6\text{кПа}$, а P_0 (ацетон, муравьиная кислота, этиловый спирт) = 2кПа

Видно, что квантовые выходы разложения исходных органических молекул сложным образом зависят от соотношения концентраций компонентов. Существует конкуренция между процессами поглощения излучения компонентами, реакцией между активированными компонентами воздуха и органическими молекулами.

Получены результаты экспериментальных и компьютерных исследований кинетики разложения метана и образования (H_2 , CO) кислородсодержащих (ацетон, этиловый спирт и уксусная кислота) углеводородов при фотохимическом превращении смесей воздуха с метаном. Предложена кинетическая схема фотостимулированных реакций в исследованных системах. Реакции промежуточных кислородсодержащих радикалов были изучены с использованием предложенной модели, и проведены соответствующие расчеты. Промежуточные продукты могут быть достаточно много, и кинетические характеристики их образования определялись только методом расчета. Главное здесь заключается в том, что в случае поглощения излучения метаном образующиеся углеводородные радикалы могут легко реагировать с кислородом с образованием радикалов RO_2 .



В этом случае возможно разложение полученных радикалов.

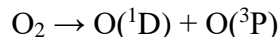


При этом наблюдается образование формальдегида.

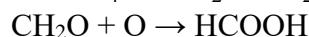
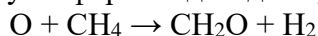
В результате взаимодействия частиц возможно также образование муравьиной кислоты



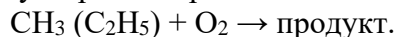
Эти реакции протекают более эффективно на длине волны $\lambda_2 = 147 \text{ нм}$, при этом длина волны излучения поглощается основным молекулярным кислородом:



Образующиеся активные атомы кислорода, реагируя с метаном, после определенных перегруппировок образуют формальдегид и муравьиную кислоту:



По кинетической модели в результате расчетов определены выходы кислородосодержащих органических радикалов. Суммарный выход радикалов <1. Это еще раз доказывает, что источником кислородосодержащих органических молекул являются фотохимические реакции, и в этой системе невозможно цепное разветвление. Следует отметить, что в присутствии примеси воздуха в метане даже при значениях [воздух] ≥1% образование углеводородных газов полностью подавляется за счет быстрой реакции взаимодействия углеродных радикалов с кислородом:



Таким образом, при фотолизе системы метан-воздух образование кислородосодержащих органических молекул связано с фотохимической активизацией метана ($\lambda_1 = 123$ нм) и кислорода ($\lambda_2 = 147$ нм). Показаны возможности применения полученных результатов для объяснения механизма процессов в средней и верхней атмосфере.

Эти результаты могут быть успешно применены для интерпретации фотохимических процессов в верхних слоях атмосферы с участием органических молекул и для прогнозирования загрязнения атмосферного воздуха.

Список литературы:

1. Скубневская Г.И. Загрязнение атмосферы формальдегидом / Скубневская Г.И., Дульцева Г.Г. // Новосибирск, 1994г, Серия «Экология», Выпуск 31. – С. 18-28.
2. Черногаева, Г.М. Мониторинг загрязнения окружающей среды в Российской Федерации: организация наблюдений, обобщение и распространение информации / Г.М. Черногаева, Ю.А. Малеванов, Л.Р. Журавлева / Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – 2015. – Т. XXVI. – № 2. – С. 128-138.
3. Mustafaev I.I., Photochemical conversions of methane, hydrogen-sulfide and sulfur – dioxide in air atmosphere / Mustafaev I.I, Mahmudov O.M. Mamedova S.M.// Proceedings of the International Conference // «ECOS -95», Istanbul, Turkey, 1995, July 11-15. – Vol. 2. – P.531-534.

PHOTOCHEMICAL DECOMPOSITION OF ORGANIC MOLECULES IN AIR MEDIUM

S.M. Mamedova¹, I.I. Mustafaev²

¹*Institute of Radiation Problems of ANAS, Baku, AZ1143, Azerbaijan,
e-mail: saida.mamedova.66@mail.ru*

²*Azerbaijan University of Architecture and Construction, Baku, AZ1143, Azerbaijan,
e-mail: imustafaev@mail.ru*

Abstract

In recent years, among the issues of anthropogenic pollution of nature, great attention is paid to the effects of organic substances of different classes. Therefore, the study of the laws of photochemical formation of oxygen-containing organic molecules (OM) is of great importance given the anomalous phenomena occurring in the atmosphere. The processes of structural changes in organic molecules under the influence of VUV radiation are important for understanding the problem of environmental phenomena in atmospheric chemistry.

The paper presents the results of experimental and computational studies of the decomposition of methane and the kinetic formation of products (H₂, CO) of oxygen-containing (acetone, ethyl alcohol and acetic acid) hydrocarbons during the photochemical transformation of mixtures of air and methane.

Thus, the photolysis of the methane-air system leads to the formation of oxygen-containing organic molecules due to photochemical activation of methane ($\lambda_1 = 123$ nm) and oxygen ($\lambda_2 = 147$ nm). It is shown that the possibility of applying the obtained results to explain the mechanism of processes in the middle and upper atmosphere.

These results can be successfully applied to interpret photochemical processes in the upper atmosphere with the participation of organic molecules and to predict air pollution.

УДК 551.465

БИООПТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ДИНАМИКА ПРИБРЕЖНЫХ ВОД В РАЙОНЕ СЕВАСТОПОЛЯ, ПОДВЕРЖЕННОМУ АНТРОПОГЕННУМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ

Е.В. Маньковская, А.Н. Морозов, Е.Н. Корчёмкина
 ФГБУН ФИЦ Морской гидрофизический институт РАН,
 г. Севастополь, 299011, Россия, e-mail: emankovskaya@mhi-ras.ru

Качество прибрежных вод в значительной степени обусловлено антропогенными факторами, которые могут вызывать существенное изменение и деградацию прибрежных морских экосистем. Оптический мониторинг характеристик акватории позволяет отслеживать и оперативно обнаруживать зоны опасной экологической обстановки и может считаться одним из надежных методов оценки экологического состояния. Информацию о выявленных источниках или областях загрязнения воды необходимо дополнять сведениями о региональной динамике водных масс и реальных транспортных путях переноса загрязняющих веществ [1].

В 2015 и 2016 гг. Морским гидрофизическим институтом РАН проводились комплексные экспедиционные исследования в прибрежных водах г. Севастополя в районе основного выпуска городских сточных вод и месте предполагаемого разрыва подводной магистрали коллектора [2,3]. В рамках оптического мониторинга измерялись показатель ослабления направленного света (ПОС) и глубина видимости белого диска. Одновременно проводились измерения акустическим доплеровским профилометром течений (ADCP). Измерения выполнялись при нахождении судна в дрейфе.

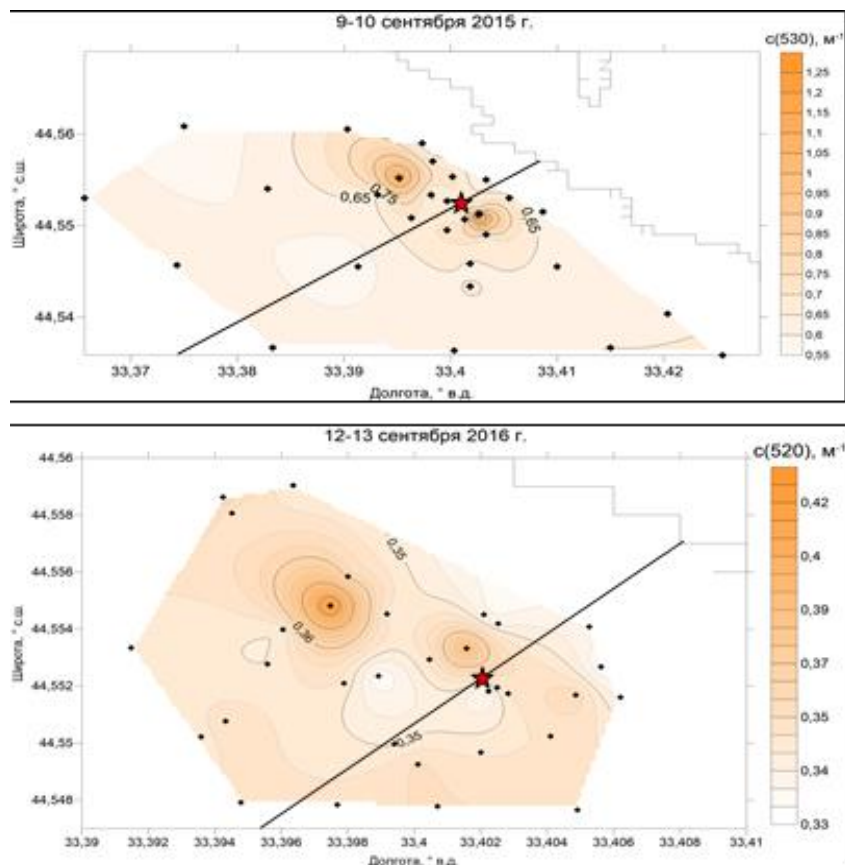


Рис. 1. Распределение показателя ослабления света в слое 0-5 м в прибрежных водах г. Севастополя.

На рис. 1 показано распределение показателя ослабления света в исследуемом районе по данным контактных измерений. На рис. 2 представлены пространственные распределения биооптических характеристик (поглощения растворенным органическим веществом и рассеяния взвесью), рассчитанных по данным ПОС. На рисунках линией показано положение подводной магистрали сбросового устройства сточных вод, звездочкой – место ее предполагаемого разрыва.

На рис. 1, 2 хорошо видны «пятна» вод с повышенными значениями биооптических характеристик в отличие от окружающих их фоновых величин. Такие особенности в пространственных распределениях показателей в обоих съемках связаны с выходом на поверхность моря плюмов, образующихся из сточных вод, вытекающих из разрыва трубы.

В целом величины показателей ослабления света, поглощения растворенным органическим веществом и рассеяния взвесью были выше в 2015 г. по сравнению с 2016 г. Так в 2015 г. величины ПОС были выше в 2 раза, а показатели рассеяния взвесью выше в 3–4 раза. Это может быть связано с тем, что в 2015 г. пикноклин располагался значительно ближе к поверхности, чем в 2016 г., что позволило большему объему сточных вод выйти на поверхность.

На рис. 3 в векторном виде представлены средние (осредненные по глубине) скорости течений, полученные по данным ADCP в 2015 и 2016 гг.

В 2015 году распределение течений было неоднородным. 9 сентября в мористой части доминировали течения западного направления, в прибрежной зоне течения имели тенденцию выстраиваться вдоль береговой черты. Значения модуля средней скорости течений не превышали 10 см/с. В мористой части полигона средние скорости течений имели более высокие значения. Также в верхнем слое наблюдалось изменение направления течений от западного до южного при удалении от берега. 10 сентября наблюдалось доминирование течений северо-западного вдольберегового направления со средними скоростями течений до 20 м/с, т.е. немного интенсивнее, чем 9 сентября.

В 2016 году 12–13 сентября наблюдалось доминирование течений вдольберегового направления со средними скоростями: до 20 м/с в первый день экспедиции и до 40 см/с – во второй. При этом модуль средней скорости течений заметно убывает при удалении станций от берега.

В соответствии с описанной динамикой вод в районе исследования распространение вод плюма в 2015 и 2016 гг. было следующим.

2015 год. Картина в районе всплытия плюма размазана. В первый день 9 сентября плюм всплыл к юго-западу от места разрыва трубы и был отнесен течением на запад, что отражается в распределении показателя поглощения растворенной органикой. Уменьшение концентрации показателя рассеяния взвеси в юго-западном направлении можно объяснить постепенным выпадением из плюма частиц взвеси. Во второй день плюм при всплытии переносился на северо-запад вдольбереговым течением, что видно на распределениях показателей ослабления света и поглощения органикой.

2016 год. Плюм сносит течением вдоль берега, и он появляется на поверхности моря к северо-западу от места разрыва трубы. Вследствие суточной разницы времени при съемке разных частей полигона плюм на второй день фиксируется еще далее к северо-западу, при этом показатели рассеяния взвесью и поглощения растворенной органикой в нем выше, чем в месте появления на поверхности. Объясняется это тем, что при появлении на поверхности верхняя часть вод плюма уже частично смешана с морскими водами. За время переноса плюма к поверхности моря поднимается его основная часть и биооптические показатели в нем выше.

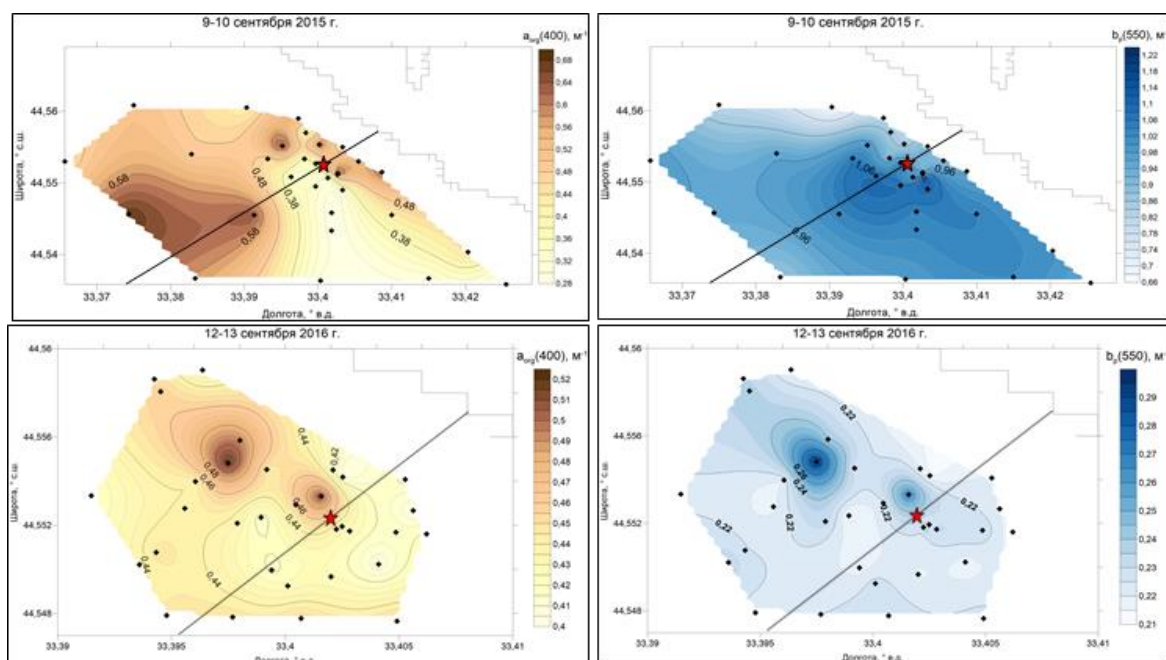


Рис. 2. Распределение показателя поглощения растворенной органикой на длине волны 400 м (слева) и показателя рассеяния взвесью на длине волны 550 м (справа) в слое 0-5 м в прибрежных водах г. Севастополя.

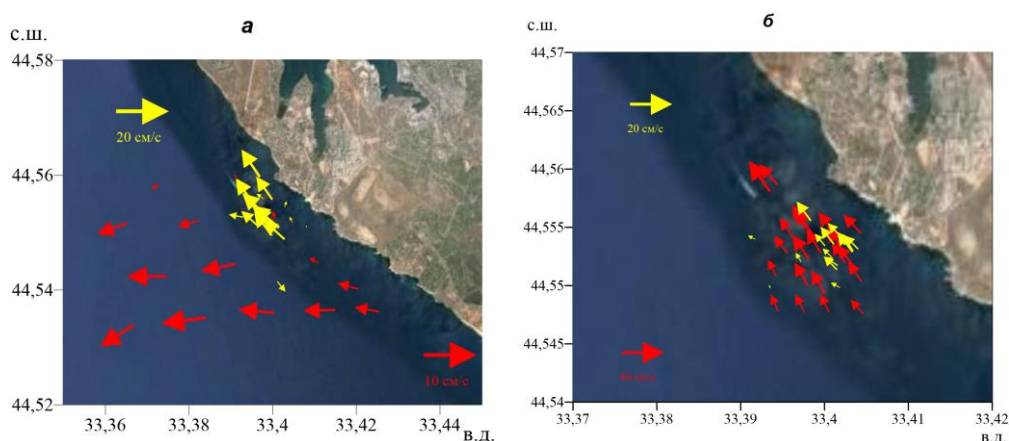


Рис. 3. Осредненные по глубине течения на полигоне: а) 2015 г. – 9 сентября (красным), 10 сентября (желтым); б) 2016 г. – 12 сентября (красным), 13 сентября (желтым).

Заключение. В результате обработки данных двух экспедиций 09–10.09.2015 и 12–13.09.2016 в прибрежных водах г. Севастополя получены распределения биооптических характеристик, подтверждающие наличие разрыва подводной магистрали сточных вод в исследуемом районе. Основные особенности в распределениях биооптических показателей соответствуют наблюдавшейся динамической ситуации, а также показывают направления переноса примесей. Полученные результаты могут быть использованы в случае дальнейшего мониторинга этого района оптическими методами, а также для оценки сложившейся экологической ситуации.

Работа выполнена в МГИ РАН в рамках государственного задания по темам № 0827-2019-0002 и № 0827-2019-0004.

Список литературы:

1. Беляев В.И., Дорогундов С.И., Совга Е.Е., Николаенко Т.С. Оценка уровня антропогенных нагрузок на прибрежные зоны и экотоны Черноморского побережья Украины // Морской гидрофизический журнал. – 2001. – № 1. – С. 55–63.
2. Бондур В.Г., Воробьев В.Е., Замшин В.В., Серебряный А.Н., Латушкин А.А., Ли М.Е., Мартынов О.В., Хурчак А.П., Гринченко Д.В. Мониторинг антропогенных воздействий на прибрежные акватории Черного моря по многоспектральным

космическим изображениям // Исследование Земли из космоса. – 2017. – № 6. – С. 3–22.

3. Бондур В.Г., Иванов В.А., Дулов В.А., Горячкин Ю.Н., Замшин В.В., Кондратьев С.И., Ли М.Е., Муханов В.С., Совга Е.Е., Чухарев А.М. Структура и происхождение подводного плюма вблизи Севастополя // Фундаментальная и прикладная гидрофизика. – 2018. – Т. 11. – № 4. – С. 42–54.

**BIO-OPTICAL CHARACTERISTICS AND COASTAL WATERS DYNAMICS
IN SEVASTOPOL AREA AFFECTED BY ANTHROPOGENIC IMPACT**

E.V. Mankovskaya, A.N. Morozov, E.N. Korchemkina

Marine Hydrophysical Institute RAS, Sevastopol, 299011, Russia,

e-mail: emankovskaya@mhi-ras.ru

Abstract

The spatial distributions of bio-optical characteristics in the coastal waters of Sevastopol on September 09 – 10, 2015 and September 12 – 13, 2016 were obtained. The main features of the obtained distributions of beam attenuation coefficient, dissolved organic matter absorption and suspended matter scattering are connected with the plumes upwelling to the sea surface. They also correspond to the observed dynamic situation and show the direction of plume transport. The existence of the plume is a consequence of emergency state of the underwater pipe of the wastewater discharge system.

ОРГАНИЗАЦИЯ КОМПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОПУЛЯЦИЯМИ ПАРНОКОПЫТНЫХ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОГО ОХОТНИЧЬЕГО ХОЗЯЙСТВА

А.Д. Марков; Е.Б. Гольдин

¹*Орлино-Куйбышевское охотничье хозяйство Крымской региональной общественной организации «Всеармейское военно-охотничье общество», Севастополь, 299011, РФ, e-mail: markov1659@mail.ru*

²*Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, 295007, РФ, e-mail: evgeny_goldin@mail.ru; evgenygoldin5@gmail.com*

В настоящее время особую актуальность приобрели проблемы сохранения и рационального использования популяций диких животных в условиях нарушенных экосистем [1-3]. Цель представленной работы заключается в продолжении исследований различных аспектов сохранения и роста численности популяций парнокопытных в Юго-Западном Крыму [4, 5].

Орлино-Куйбышевское охотничье хозяйство (ОХ) Крымской региональной общественной организации «Всеармейское военно-охотничье общество» расположено в юго-западной части полуострова, в Крымском Предгорье и северной части Горного Крыма. Включает ряд урочищ - Малосадовское плато, Эски-Кермен, Мангуп-Кале, Карлы, Адым-Чокрак (Истоки), Кая-Баш (Два татарина), Большой Каньон, Ай-Петри, Бичке (Кабаний перевал).

К основным задачам ОХ относятся

- (1) организация туризма и проведения спортивных охот;
- (2) расселение охотничьих видов зверей и птиц;
- (3) охрана и подкормка дичи;
- (4) ограничение численности хищников;
- (5) реализация биотехнических мероприятий, направленных на увеличение численности охотничьих объектов.

Основной принцип работы ОХ состоит в эффективном использовании охотничьих угодий и повышении их продуктивности. На практике это означает, что численность охотничьих объектов должна соответствовать научно обоснованной оптимальной плотности, когда сохраняется баланс между охраной окружающей среды и интересами охотничьего, лесного и сельского хозяйства.

К основным охотничьим объектам на территории ОХ относятся косуля, олень, кабан, заяц, волк, лисица, куропатка, фазан и голубь. При этом динамика их численности находится в зависимости от комплекса абиотических и биотических факторов. По данным ОХ, в 2002 г. первое место среди объектов охоты занимал крымский благородный олень. Однако к настоящему времени ситуация изменилась: в 2018 г., первое место принадлежит европейской косуле, второе – крымскому благородному оленю, а третье – кабану (Табл. 1). Из-за резкого падения численности муфлонов в ОХ, было принято решение о запрете спортивно-трофейной охоты на них и организации заказников для приучения животных к вольерному образу жизни.

В процессе организации системы управления численностью популяций парнокопытных ведущая роль принадлежит биотехническим мероприятиям.

Повышение уровня охраны охотничьих угодий, научно обоснованный современный подход к кормлению и нормированию кормов, увеличение числа биотехнических сооружений, кормовых полей и подкормочных площадок, повышение их урожайности в предыдущие годы способствовали положительной динамике численности косули и муфлона на территории ОХ в 2012 – 2018 гг.

Динамика численности парнокопытных – представителей охотничьей фауны (2012-2018 гг.)

Виды	Число особей на территории ОХ						
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Косуля	463	569	587	604	657	600	603
Олень	196	233	245	308	346	390	438
Кабан	290	329	373	402	444	350	307
Муфлон	58	76	95	127	149	130	105

Методы и материалы. Сбор материала проводили на протяжении 2010 – 2018 гг. на всей территории ОХ. Для учета численности парнокопытных использованы методы визуальных наблюдений, шумового прогона, оклада, маршрутного учёта, следов, фото и видеофиксации, а также их сочетания. Наблюдения проводили с вышек и лабазов; на подкормочных площадках, кормовых полях, тропах, водопоях, на путях миграций и в местах гона устанавливали видеокамеры. Систематически осуществляли регулярные обходы по специально разработанным маршрутам. Полученные данные фиксировали в полевых дневниках и журналах.

Результаты и обсуждение. Главная задача организованного и действующего комплекса биотехнических мероприятий заключается в поддержании численности животных на оптимальном уровне с учетом кормовой емкости охотничьих угодий и сохранении экологического баланса. Усовершенствованная система биотехнических мероприятий должна включать ряд компонентов, тесно связанных между собой и взаимодополняющих – прежде всего, свободный доступ к воде, достаточное количество кормовых полей; новые условия для расширения кормовых полей; рост числа подкормочных площадок; кормушек и солонцов.

Основные принципы кормления. Животные употребляют в пищу на протяжении года свежее сено, овсяную и ржаную солому, зерновые культуры. Но в различные периоды к кормам предъявляются определённые требования. Например, в зимнее время животных кормят зерновыми культурами, т.к. овощи и фрукты промерзают, и животные неохотно их поедают. Корма должны быть калорийными и питательными (в первую очередь, кукуруза, ячмень, овес, а также сахарная свекла, яблоки и капустные отходы), особо предпочтительно подсолненное сено. При этом объем кормов не должен быть избыточным.

На протяжении всего осенне-зимнего периода необходимо подкармливать животных, чтобы сохранить их и удержать на территории ОХ.

Подкормочные площадки. На подкормочных площадках размещают кормушки, солонцы и вышки для наблюдения. Локализация подкормочных площадок должна базироваться на глубоком знании эколого-биологических особенностей целевых видов и учете их взаимоотношений с окружающей средой. Необходимо учитывать рельеф и климат территории, локализацию лесных биотопов и лесных дорог по отношению к биотехническим объектам. Для бесперебойной доставки кормов и контроля численности животных, такие участки должны находиться в определенных местах, например, на возвышенности; в густом смешанном лесу; на обширных территориях, занятых кустарниками; в редком лесу, близ густого участка, или посреди леса на полянах, с целью защиты от ветра и создания укрытий для животных, и обеспечиваться водой в достаточном объеме. Вокруг них необходимо создать ряд подкормочных площадок и биополей, чтобы животные во время осенне-зимних миграций не перемещались на территорию других охотничьих структур в поисках корма, оставаясь в пределах ОХ. Зимой косули и муфлоны питаются выложенной подкормкой из лесного и лугового сена с большим количеством трав, предпочитая люцерновое и кле-

верное. Сено заготавливают в мае (или не позднее середины июня), когда проходят дожди, но до засухи, когда травы сохраняют свежесть и сочность. На подкормочных площадках размещают специальные кормушки разной конструкции. Так, в 2014 – 2018 гг. было создано и обновлено 14 подкормочных площадок в урочищах Карлы, Адым-Чокрак (Истоки), Мангуп-Кале, и Малосадовское плато В 2012 – 2018 гг. было создано 90 кормушек, заготовлено и выложено 12750 единиц веточных кормов. (Табл. 2).

Таблица 2

Лесохозяйственные и биотехнические мероприятия

Вид мероприятий	Год						
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Создано кормушек, экз.	8	10	11	12	14	17	18
Выложено веточных кормов, единиц	1610	1720	1800	1850	1870	1920	1980

Солонцы располагают от границ других ОХ по периметру и в пределах ОХ, поближе к подкормочным площадкам и водопоям; расстояние от границы должно быть не менее 800 м. При этом животные не покидают территорию ОХ. Муфлоны и косули посещают солонцы круглогодично, но особенно весной и летом, предпочитая объекты, созданные вдали от пешеходных и проездных путей, а число заходов на солонцы, находящиеся по периметру ОХ, увеличивается на 40,0%. В течение 2012 – 2018 гг. в ОХ было установлено 302 и обновлено 102 солонца

Кормовые поля. Для закладок используют небольшие участки или поляны от 1 до 15 га, размещенные по всей территории ОХ (Табл. 4).

Таблица 3

Кормовые поля в ОХ

Урочища	Количество участков	Общая площадь (га)
Адым-Чокрак (Истоки)	6	80
Карлы	15	12
Эски-Кермен	1	8
Мангуп-Кале	2	6

Наблюдения за всходами зерновых культур и специальные эксперименты на протяжении последних четырёх лет показали, что оптимальные результаты на кормовых полях получают при высеве овса, смеси вики с пшеницей, сорго, многолетней люцерны. Установлено, что оптимальные сроки посева овса – с середины марта до середины апреля, когда почва уже прогрелась, но ещё сохраняет влагу. Высокий уровень всхожести (90,0%) отмечен на посевах люцерны и вики с пшеницей в Мангуп-Кале. В Карлы лучшие результаты получены при высеве овса и вики с пшеницей. При этом для увеличения урожайности необходимо через год менять посевные смеси на этих участках, например, в течение одного года высевать овес, а на следующий год на этих же полях высевать вику с пшеницей. Установлено, что на каждом кормовом поле необходимо выращивать не менее одной-двух культур (овес или вику с пшеницей). Такое разнообразие насаждений на одном участке привлекает большое количество косуль, и при этом увеличивается срок кормления, благодаря разному периоду созревания культур. Экспериментально доказано, что из травянистых растений на кормовых полях лучше всего высевать люцерну: их часто посещают не только косули, но и зайцы (20,0%), кабаны (30,0%), олени (30,0%) на протяжении

всего весенне-летнего-осеннего периода. При этом кормовые поля для косули необходимо располагать не далее двух км от мест их дневок, не ближе двух км от населенных пунктов и на расстоянии не менее одного км от трасс, на окраинах леса, или наоборот, в центральной части лесных массивов. Наблюдения показали, что косули подходят к полю со стороны мест, заросших густой растительностью, а также родников, ручьёв, рек. При закладке кормовых полей принимают во внимание транспортную доступность, близость к тропам передвижения животных, ручьям, водопоям. По периметру поля оставляют незасеянную, но вспаханную полосу, где животные оставляют следы, и существует возможность вести наблюдения.

Зимняя подкормка животных продолжается около пяти месяцев (с ноября по март) и проводится свободным способом и на подкормочных площадках.

При *свободном способе подкормки* вешиваются веники из веток граба, крапивы на подкормочных площадках между деревьями. Ежегодно в середине мая и начале июня начинается заготовка веников – срезают тонкие ветки граба, их них связывают пучки, которые замачивают в соленой рапе и подвешивают в тени для просушки в течение не менее десяти суток, а затем складывают под навесами (на вышках) на подкормочных площадках. С января веники вешивают между деревьями на подкормочных площадках. Кроме того, при свободном способе подкормки рассыпают зерно, кукурузу, яблоки, капусту и морковь. В снежные зимы для подкормки животных срезают с деревьев плющ. Подкормку свободным способом проводят во второй половине дня, т.к. при обильном снегопаде и промерзании почвы в это время косули чаще посещают подкормочные площадки в Карлы, Мангуп-Кале, Адым-Чокрак (Истоки), Кая-Баш (Два татарина).

Водопой. Имеют важнейшее значение для привлечения и удержания животных на территории ОХ. В целом, ОХ обеспечено водопоями в полном объеме. Однако, при возникновении критических ситуаций проводится поиск заброшенных родников, их расчистка и обустройство. В 2014 - 2018 гг. расчищено и обустроено 25 родников – в урочищах Карлы (6), Адым-Чокрак (Истоки) (6), Мангуп-Кале (5), Кая-Баш (Два татарина) (4) и Малосадовском плато (5). При недостатке воды в лесных биотопах в засушливом 2018 г., когда часть родников в Мангуп-Кале, Адым-Чокрак (Истоки) и на Малосадовском плато пересохла, были организованы искусственные водопой. В Мангуп-Кале и Адым-Чокрак (Истоки), завозили воду в емкостях и заливали в специально подготовленные углубления: выкапывали ямы 1,5х1,5 м с глубиной до одного м, на дно которых укладывали полиэтиленовый материал, засыпавшийся глиной. Разработан новый способ устройства водопоев-родников. Для этого со всех сторон родник облагался камнями, а затем сверху наполовину накрывается брёвнами, для предотвращения засорения. По руслу родника выкапывали три-четыре ямы для наполнения водой и обкладывали со всех сторон камнями или бревнами, чтобы животные при посещении родников не затаптывали их.

Выводы:

1. Оптимизация биотехнических мероприятий тесно связана с ростом численности парнокопытных.

2. Необходимо продолжение дальнейших исследований эколого-биологических особенностей парнокопытных в лесных экосистемах Юго-Западного Крыма и организация постоянного мониторинга ситуации.

3. Разработанные приемы усовершенствования подкормки животных (нормы для посева и посевные культуры на кормовых полях, способы привлечения животных установками солонцов и кормовыми полями, изготовление новых видов столбовых солонцов, новые приёмы обустройства родников) помогают удерживать животных в пределах ОХ.

Список литературы:

1. Биотехнические мероприятия в охотничьем хозяйстве / сост. О.А. Лявданская, А.П. Несват: [Электронный ресурс] 4,93 Мб. – Оренбург: Издательский центр ОГАУ, 2009. – 149 с.
2. Данилкин А.А. Дикие копытные в охотничьем хозяйстве / А.А. Данилкин. – М.: ГЕОС, 2006. – 365 с.
3. Дёжкин В.В., Авданин В.О., Сеницын М.Г., Буйволов Ю.А. Об управлении охраняемыми экологическими системами // Использование и охрана природных ресурсов России: Бюллетень национального информационного агентства (Природные ресурсы), 2006. – № 5 (89). – С. 104 – 112.
4. Гольдин Е.Б. Паразитофауна дикого кабана *Sus scrofa* Linnaeus, 1758: биоразнообразие и состояние изученности / Е.Б. Гольдин // Экосистемы Крыма, их оптимизация и охрана: Тематический сборник научных трудов, 2009. – Вып.19. – С. 76 – 89.
5. Марков А.Д., Гольдин Е.Б. Управление популяциями охотничьих животных в Юго-Западном Крыму (на примере дикого кабана) // Международная научно-техническая конференция «Системы контроля окружающей среды – 2016», г. Севастополь, 24 – 27 октября 2016 г. – С. 163.

**ORGANIZATION OF THE COMPLEX CONTROL SYSTEM
FOR ARTIODACTYL POPULATIONS IN CONTEMPORARY
GAME COMPANY**

A.D. Markov; E.B. Gol'din

¹*Orlinoe and Kuybyshev Game Company of the Crimean Regional Military Hunters
Organization; Sevastopol, 299011, Russia, e-mail: markov1659@mail.ru*

²*V.I. Vernadsky Crimean Federal University; Simferopol, 295007, Russia,
e-mail: evgeny_goldin@mail.ru; evgenygoldin5@gmail.com*

Abstract

The problems of conservation and environmental management of the wildlife are very actual today, particularly as regards to the disturbed habitats. Objective of this work is a prolongation of research of the different aspects of artiodactyl populations conservation and development in the South-Western Crimea. Increase of conservation level of hunting areas, and scientific approaches to the animal feeding and variative rates of nutritive base promoted the development of roe deer and mouflon populations in wild. The system of biotechnical measures including creation of food plots, self-feeding stations, drinking places, etc. were very important in these processes.

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДОЛГОВРЕМЕННОГО МОНИТОРИНГА ПУНКТОВ ГЛУБИННОГО ЗАХОРОНЕНИЯ ЖИДКИХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ ПОСЛЕ ЗАКРЫТИЯ

Ю.В. Маркова¹, А.В. Понизов², Н.В. Чулков³

*ФБУ «Научно-технический центр по ядерной и радиационной безопасности»,
Москва, 107140, Россия*

e-mail: ¹markova@secnrs.ru, ²ponizov@secnrs.ru, ³chulkov@secnrs.ru

На сегодняшний день практика захоронения жидких радиоактивных отходов (ЖРО) через нагнетательные скважины в глубокозалегающие горизонты, изолированные от поверхности низкопроницаемыми породами реализуется на трех пунктах глубинного захоронения жидких радиоактивных отходов (ПГЗ ЖРО) ФГУП «Национальный оператор по обращению с радиоактивными отходами» (ФГУП «НО РАО»), расположенных недалеко от городов Железногорск (Красноярский край), Северск (Томская область) и Димитровград (Ульяновская область). Данная практика позволяет обеспечить изоляцию ЖРО, образующихся на предприятиях топливного цикла ФЯО ФГУП «ГХК», АО «СХК» и АО «ГНЦ НИИАР» от окружающей среды и человека. Локализация захороненных ЖРО осуществляется в пределах специально отведенного для этих целей участка недра, который имеет статус горного отвода.

Существующие ПГЗ ЖРО эксплуатируются с 1960-х гг, создание новых ПГЗ ЖРО запрещено Федеральным законом от 11 июля 2011 года № 190-ФЗ «Об обращении с радиоактивными отходами и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [1]. В настоящее время, реализацией Федеральной целевой программы «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2016 – 2020 годы и на период до 2030 года» в рамках мероприятия «Создание и развитие технологий переработки и кондиционирования радиоактивных отходов» предусмотрена разработка концепции закрытия ПГЗ ЖРО. Основной объём работ по закрытию выполняется на нагнетательных и наблюдательных скважинах, которые являются потенциальными каналами связи эксплуатационного горизонта, содержащего компоненты ЖРО, с поверхностью и неглубокозалегающими горизонтами пресных подземных вод. На месте расположения скважин воссоздаются условия, близкие к природным, имевшим место до сооружения скважин.

Разработка концепции закрытия ПГЗ ЖРО учитывает требования нормативной правовой документации, одно из которых - проведение долговременного мониторинга, направленного на подтверждение локализации ЖРО в недрах. Долговременный мониторинг после закрытия ПГЗ ЖРО включает в себя радиационный контроль и мониторинг состояния системы захоронения радиоактивных отходов (РАО). Объем, способы, методы и продолжительность радиационного контроля и мониторинга системы захоронения РАО определяются и обосновываются в проектной документации. Основными объектами радиационного контроля и мониторинга ПГЗ ЖРО после закрытия являются участок недр, вмещающий компоненты ЖРО, подземные воды и естественные барьеры безопасности, наблюдательные скважины, а также бывшая площадка размещения закрытого ПГЗ ЖРО. Долговременный мониторинг закрытого ПГЗ ЖРО прекращается, когда его результаты подтверждают безопасность системы захоронения РАО.

Требования нормативных правовых документов по проведению долговременного мониторинга ПГЗ ЖРО после закрытия. Основные требования, предъявляемые к ПГЗ ЖРО как природно-антропогенному объекту и осуществляемому на нем мониторингу и радиационному контролю после закрытия, регулируются норма-

тивными документами в области использования атомной энергии, охраны окружающей среды и охраны недр.

Федеральным законом от 11.07.2011 № 190-ФЗ «Об обращении с радиоактивными отходами...» [1] определено, что проектом пункта захоронения РАО должен быть предусмотрен периодический радиационный контроль на территории его размещения после его закрытия.

Деятельность, связанную с использованием и охраной недр, регулирует Закон Российской Федерации «О недрах» [2], в котором установлено, что при полной или частичной ликвидации или консервации предприятия либо подземного сооружения горные выработки и буровые скважины должны быть приведены в состояние, обеспечивающее безопасность жизни и здоровья населения, охрану окружающей природной среды, зданий и сооружений.

Согласно требованиям федеральных норм и правил в области использования атомной энергии «Захоронение радиоактивных отходов. Принципы, критерии и основные требования безопасности» (НП-055-14) [3], после закрытия ПГЗ ЖРО ФГУП «НО РАО» будет проводить периодический радиационный контроль и мониторинг системы захоронения РАО, включающий:

- контроль состояния инженерных барьеров (наблюдательных скважин) и естественных барьеров (вмещающих пород) безопасности, ограждений и предупреждающих знаков;
- мониторинг состояния вмещающих пород (элементов природного геологического образования);
- мониторинг состояния окружающей среды.

«Правила охраны недр» ПБ-07-601-03 [4] устанавливают, что при пользовании недрами осуществляется систематический контроль за состоянием окружающей среды и за выполнением природоохранных мероприятий, в пределах горного отвода обеспечиваются гидрогеологические наблюдения и контроль за состоянием подземных и поверхностных вод. При полной или частичной ликвидации либо консервации горные выработки и буровые скважины приводятся в состояние, обеспечивающее безопасность населения, охрану недр окружающей среды, зданий и сооружений, а при консервации также и сохранность месторождения, горных выработок и буровых скважин на время консервации.

Концептуальные положения долговременного мониторинга ПГЗ ЖРО после закрытия. Концептуальные положения долговременного мониторинга разработаны с учетом нормативных документов в области использования атомной энергии и включают в себя цель, задачи и основные направления проведения радиационного контроля и мониторинга ПГЗ ЖРО после закрытия.

Целью радиационного контроля и мониторинга ПГЗ ЖРО после закрытия является подтверждение безопасности системы захоронения РАО, в том числе целостности барьеров безопасности, а также выбранных проектной документацией закрытия ПГЗ ЖРО технических решений и организационных мероприятий по обеспечению безопасности системы захоронения РАО. Для достижения поставленной цели производятся периодические наблюдения за состоянием объектов долговременного мониторинга. Результаты наблюдений сопоставляются с результатами выполненных ранее прогнозных расчетов для своевременной оценки последствий антропогенного воздействия закрытого ПГЗ ЖРО на окружающую среду и население, а также эффективности природоохранных мероприятий, выполненных при закрытии ПГЗ ЖРО.

Задачи долговременного мониторинга ПГЗ ЖРО после закрытия формируются на основе ранее выполненных наблюдений в рамках проводимого геомониторинга ПГЗ ЖРО и оценки долговременной безопасности системы захоронения РАО, выполняемой в период эксплуатации ПГЗ ЖРО.

С целью своевременного определения положения области распространения ЖРО и их компонентов в геологической среде, характеристик протекающих процессов в недрах проводятся систематические наблюдения за изменением состояния недр и параметров радиационной обстановки. С этой целью необходимо проводить определение составов проб подземных вод, отбираемых из скважин и поверхностных водных объектов, донных отложений в местах возможной разгрузки загрязненных подземных вод в поверхностную гидросеть, выполнять замеры уровней подземных вод и геофизические измерения в наблюдательных скважинах.

Для выявления признаков развития отклонений от проектных решений на ранней стадии проводится оценка состояния барьеров безопасности ПГЗ ЖРО, а также оценка наблюдаемых изменений, с целью выявления отклонений путем сопоставления областей фактического распространения компонентов РАО и характеристик протекающих процессов по данным мониторинга с ранее выполненными прогнозными расчетами.

Сбор данных о радиационной обстановке и состоянии системы захоронения РАО после закрытия осуществляет эксплуатирующая организация ФГУП «НО РАО». Сбор информации сопровождается последующим документированием и хранением данных контрольных наблюдений, а также результатов их обработки в виде периодически пополняемых баз данных. Полученная информация используется для выполнения уточняющих прогнозных расчетов на постоянно действующих геофильтрационных и геомиграционных моделях с целью оценки изменения состояния системы захоронения РАО и разработки технических решений и организационных мероприятий по совершенствованию и повышению эффективности мониторинга системы захоронения РАО. По результатам мониторинга принимается заключение о безопасности системы захоронения РАО после закрытия ПГЗ ЖРО и о допустимом ожидаемом воздействии на окружающую среду и население.

Решение о прекращении долговременного мониторинга принимается при соблюдении следующих условий. Загрязнение территории размещения закрытого ПГЗ ЖРО компонентами РАО не превышает уровни, установленные нормативными документами, а также уровни, обусловленные воздействием других источников, не связанных с эксплуатацией ПГЗ ЖРО. Радиоактивные компоненты захороненных ЖРО с удельной активностью, выше установленной нормативными документами, а нерадиоактивные компоненты в концентрациях, выше установленных концентраций находиться в границах горного отвода в течение времени, определяемого проектной документацией закрытия ПГЗ ЖРО. Загрязнение неглубокозалегающих горизонтов подземных вод на территории и в районе размещения закрытого ПГЗ ЖРО, обусловленное захоронением РАО, не приводит к загрязнению водотоков и водозаборов поверхностных и подземных вод. Ожидаемая доза облучения критической группы лиц из населения вследствие разгрузки вод эксплуатационных горизонтов, содержащих компоненты РАО, в поверхностные водотоки начнёт формироваться не ранее чем в срок, установленный проектной документацией.

При формировании сведений о допустимом ожидаемом воздействии на окружающую среду и население необходимо учитывать наиболее вероятные сценария эволюции системы захоронения РАО. Следует руководствоваться радиационным воздействием на население и требованием о не превышении допустимого уровня, установленного в соответствии с санитарными правилами и нормативами радиационной безопасности. При маловероятных (катастрофических) внешних воздействиях природного и техногенного характера на систему захоронения РАО для критической группы населения необходимо учитывать не превышение граничных значений обобщенного риска, установленного санитарными правилами и нормативами радиационной безопасности.

По результатам долговременного мониторинга ПГЗ ЖРО в случае необходимости могут выполняться дополнительные работы, связанные с увеличением или сокращением объемов контрольных наблюдений, ликвидацией наблюдательных скважин, находящихся в неудовлетворительном техническом состоянии или сооружением новых наблюдательных скважин.

Заключение. Основной целью мониторинга ПГЗ ЖРО после закрытия является подтверждение безопасности системы захоронения РАО, в том числе целостности барьеров безопасности, а также выбранных проектом закрытия ПГЗ ЖРО технических решений и организационных мероприятий по обеспечению безопасности системы захоронения РАО. Мониторинг ПГЗ ЖРО после закрытия включает радиационный контроль и мониторинг системы захоронения РАО. Задачами радиационного контроля после закрытия ПГЗ ЖРО является получение достоверной информации о параметрах радиационной обстановки на территории размещения закрытого ПГЗ ЖРО и возможной миграции радиоактивных компонентов РАО. Мониторинг системы захоронения РАО подразделяется на мониторинг недр, основной задачей которого является своевременное получение информации о распространении компонентов РАО в геологической среде, а также на мониторинг барьеров безопасности, который заключается в проведении системных наблюдений и контроле за состоянием инженерных и естественных барьеров безопасности системы захоронения РАО.

Список литературы:

1. Об обращении с радиоактивными отходами и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: Федеральный закон от 11 июля 2011 г. № 190-ФЗ.
2. О недрах: Закон Российской Федерации от 21 февраля 1992 г. № 2395-1.
3. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. Захоронение радиоактивных отходов. Принципы, критерии и основные требования безопасности. НП-055-14: утверждены приказом Ростехнадзора от 22 августа 2014 г. № 379.
4. Правила охраны недр. ПБ-07-601-03: утверждены постановлением Госгортехнадзора РФ от 6 июня 2003 года № 71, с изменениями приказом Минприроды России от 30 июня 2009 года № 183.

**CONCEPTUAL APPROACH TO THE LONG-TERM MONITORING
FOR LIQUID RADIOACTIVE WASTE GEOLOGICAL REPOSITORIES
AFTER CLOSURE**

Y.V. Markova¹, A.V. Ponizov², N.V. Chulkov³

*Division for Safety of Fuel Cycle Facilities, Scientific and Engineering Centre
for Nuclear and Radiation Safety, Moscow, 107140, Russia*

e-mail: ¹markova@secnrs.ru, ²ponizov@secnrs.ru, ³chulkov@secnrs.ru

Abstract

The article contains conceptual approach to the long-term monitoring of liquid radioactive waste geological repositories (LRWGR) after closure based on general requirements of federal rules and regulation in the field of atomic energy use. Objectives and general provisions for long-term monitoring of LRWGR after closure are described in the article.

УДК 502.12:338(470+571)

К ВОПРОСУ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТИ РОССИЙСКОГО БИЗНЕСА

А.А. Матвеева¹; Е.А.Зализняк¹; Е.Р. Зализняк²

¹Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, 400062, Россия,
email: matveeva@volsu.ru, aamatveeva@bk.ru, elena.zaliznyak@mail.ru

²Российская таможенная академия, г. Люберцы, Московская область, 140015,
Россия, email: katrinkatenok@mail.ru

Экологическая ответственность является одним из видов социальной ответственности, что, с одной стороны, означает определенные ожидания социального окружения в отношении лиц и общественных организаций, а с другой – осознание этими лицами и организациями своего долга перед обществом, коллективом, индивидом.

Выполнение критериев устойчивого развития любого региона и обеспечение техносферной безопасности напрямую зависит от проработанности вопроса экологической ответственности бизнеса.

В настоящее время важное значение приобретает публикация нефинансовых отчетов в области устойчивого развития, как показатель экологически ответственного поведения бизнес структур. Каждая лидирующая компания в области корпоративной устойчивости, ответственности и открытости должна создавать свой индивидуальный сайт. Сайт компании должен содержать информацию, посвященную охране окружающей среды, которая выражается в «прозрачности» данных экологической отчетности предприятия, включая нефинансовую отчетность [1].

В отличие от зарубежных стран, на сегодняшний день в России слабо развито применение оценки нефинансовой отчетности независимыми сторонами (рис. 1).



Рис. 1 Корпоративная прозрачность крупнейших российских компаний [2]

В мировом масштабе 82% от общего числа нефинансовых отчетов соответствуют стандартам отчетности GRI и ежегодно проходят независимый контроль. В то же время только 16% из всех крупнейших компаний Российской Федерации организуют проверку своей нефинансовой отчетности независимыми сторонами (рис. 2).

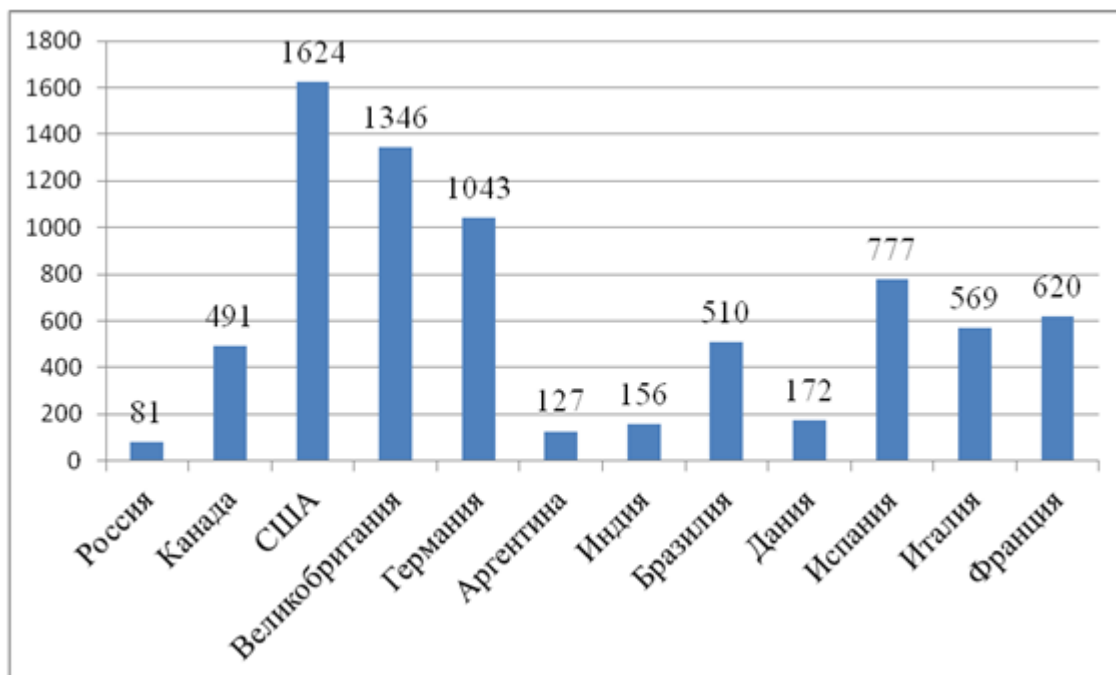


Рис. 2 Количество компаний, публикующих нефинансовые отчёты, в разбивке по странам [3]

Анализируя данные рисунка 2, можно прийти к выводу, что в целом, по количеству компаний, раскрывающих нефинансовые результаты Россия (81 компания) уступает Китаю (107 компаний), Аргентине (127 компаний), Индии (156 компаний).

Для российских компаний характерны интегрированные нефинансовые отчеты (рис. 3).

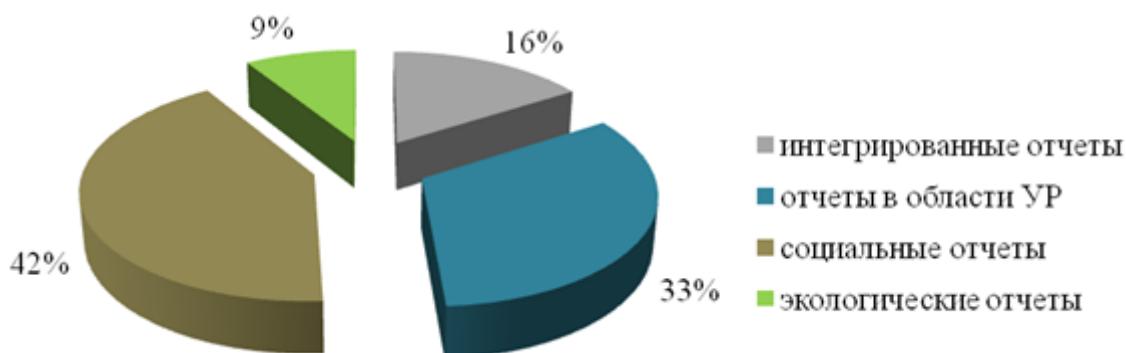


Рис. 3. Виды нефинансовых отчетов российских компаний [4]

Российский союз промышленников и предпринимателей является ответственным за работу Национального Регистра нефинансовых отчетов. Это банк, в котором хранятся все нефинансовые отчеты хозяйствующих субъектов РФ. По состоянию на 31 января 2019 г. в данной базе данных зафиксированы 176 компаний. С начала 2000 г. в Национальном Регистре зарегистрировано 924 отчета. Если классифицировать отчеты по различным областям применения, можно определить, что больше всего социальных отчетов (СО) – 326, далее отчеты в области устойчивого развития (ОУР) – 314, интегрированные отчеты – 176, экологические отчеты (ЭО) – 81, и меньше всего отраслевых отчетов – 27 [4].

Доступность отчетов компаний относительно структуры характеризуется наибольшей раскрываемостью таких разделов, как управление в сфере КСО/УР (расширено раскрытие показателей «управление вопросами КСО/УР в цепочке поставок», «включение КПЭ в сфере КСО/УР в число стратегических КПЭ»); социальные аспекты – сообщества (больше информации по результативности социальных

инвестиций/благотворительных проектов); экономические аспекты (больше информации по производительности труда, доле закупок у местных поставщиков) (рис. 4).

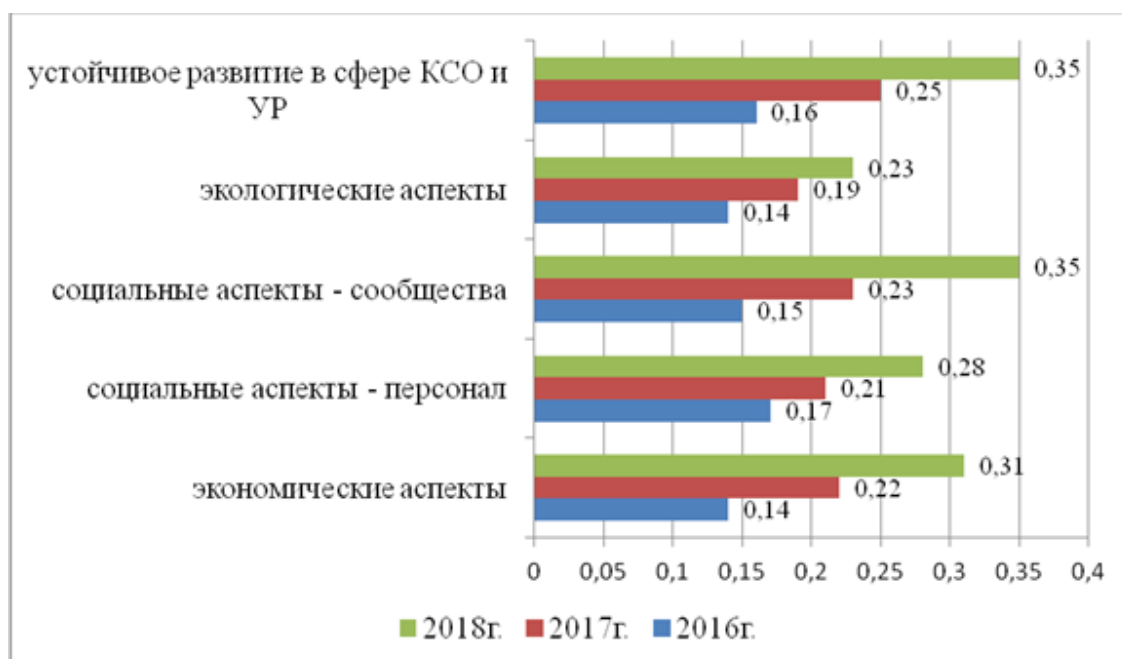


Рис. 4. Индекс открытости в структуре отчетов [5]

Экологические аспекты в структуре отчетов являются наименее раскрываемыми, что свидетельствует о незначительной роли оценки масштабов своего воздействия на компоненты среды для российских компаний.

Только 15% российских компаний, участвующих в исследовании открытости их деятельности, проводимом Российским союзом промышленников и предпринимателей (РСПП), упоминают в своих отчетах Цели УР, в то время как иностранным компаниям характерен показатель в 72% (рис. 5).



Рис. 5. Соотнесение деятельности компаний с Целями устойчивого развития ООН [5]

Также отметим, что по инициативе РСПП была разработана и принята Съездом РСПП в ноябре 2004 года Социальная хартия российского бизнеса, в которой прописаны принципы ответственности деловой практики, в том числе и в части сохранения окружающей среды. К указанным принципам относятся: соблюдение законода-

тельно установленных экологических норм, применение мер для уменьшения воздействия производства или предоставляемых услуг на окружающую среду, распространение экологически чистых технологий и др. [6].

В 2007 году Социальная хартия официально признана национальным документов, соответствующим Глобальному Договору ООН. К Социальной хартии присоединилась 265 организаций (компании, отраслевые и региональные объединения бизнеса и другие НКО). В Волгоградской области к Хартии присоединились 2 организации: Региональное объединение работодателей «Союз промышленников и предпринимателей Волгоградской области» и Волгоградский алюминиевый завод (РУСАЛ) [7].

С целью повышения информационной открытости и прозрачности результатов воздействия корпоративного сектора на общество и окружающую среду премьер-министром РФ 5 мая 2017 г. было подписано Распоряжение об утверждении Концепции развития публичной нефинансовой отчетности. Проект разработан Минэкономразвития России при поддержке межведомственной рабочей группы с участием представителей бизнеса и экспертных организаций. Основным проблемным звеном данного документа является отсутствие четко определенных и прописанных перечня ключевых (базовых) показателей публичной нефинансовой отчетности [8].

В целом можно сказать, что в России набирают темпы процессы, способствующие узнаванию концепции устойчивого развития, корпоративной социальной ответственности и нефинансовой отчетности, усиливаются требования со стороны регулятора, расширяется круг заинтересованных сторон, вовлеченных в эти процессы, что должно послужить хорошей основой для будущего развития.

В 2016 году предприятиям было предложено раскрыть свою отчетность в рамках действия Года Экологии. Формат раскрытия можно было выбрать любой, в т.ч. на собственных ресурсах сети Интернет, на сайте Интерфакс-ЭРА и т.д.

В результате оценки «прозрачности» отчетности предприятий Волгоградской области в сфере воздействия на окружающую природную среду, по данным рейтинга Интерфакс-ЭРА, было определено, что в рейтинге представлены 100 компаний региона без их соотнесения к категориям объектов НВОС, это означает, что добровольно информацию раскрыли менее 3% предприятий области, зарегистрированных на портале ПТО УОНВОС (100 компаний из 3802). Из них наиболее высокое место в рейтинге (39) занимает Филиал «Волгоградский» АО «Северсталь Канаты», которое относится к 2 категории объектов НВОС, для сравнения ООО «Концессии теплоснабжения» занимают 586 место, ООО «ЛУКОЙЛ-Волгограднефтепереработка» 1749 место [9]. Необходимо отметить, что 2 последних указанных предприятий вошли в «перечень объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, относящихся к I категории, вклад которых в суммарные выбросы, сбросы загрязняющих веществ в Российской Федерации составляет не менее чем 60 % [9]. Также в этот список из региона входят АО «Себряковцемент» и ОАО «Волжский абразивный завод», которые, видимо, не посчитали необходимым и важным размещение экологической информации о своей деятельности в публичном доступе.

Отсутствие раскрытия нефинансовых показателей региональных компаний свидетельствует о формальном подходе к процессу «прозрачности» экологической отчетности. Отсутствие четких регламентов и правил раскрытия нефинансовой информации также препятствует практической реализации этого направления в деятельности компаний, от которых зависит техноферная безопасность региона.

Эта работа выполнена при финансовой поддержке Российского Фонда Фундаментальных исследований и Администрации Волгоградской области в рамках научного проекта № 19-410-340015 р_а «Информационная открытость как инструмент экологической ответственности бизнеса в структуре экологической безопасности региона».

Список литературы:

1. Борисихина П.А. Экологическая ответственность российского бизнеса в сфере промышленности / П.А. Борисихина, Е.В. Шавина // Экономическое развитие в XXI веке: тенденции, вызовы и перспективы: сборник научных трудов VI Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 24-25 апреля 2018 г. – Москва: Изд-во РЭУ им. Г.В. Плеханова, 2018. – С.26-30
2. Чистые технологии и устойчивое развитие // Выпуск 2. Нефинансовая отчетность компаний: в погоне за успехом: Информационный бюллетень. - Май 2017. - Режим доступа: <https://www.eu.com/Publication/vwLUAssets/EY-ccass-newsletter-may-2017/%24File/EY-ccass-newsletter-may-2017.pdf>.
3. Аналитический обзор корпоративных нефинансовых отчетов: 2015 - 2016 годы выпуска / под общ. ред. Е.Н. Феоктистовой и др. – М.: РСПП, 2017. 136 с. – Режим доступа: <http://media.rspp.ru/document/1/7/4/743222fc4c6650093518c635d0e8ecdd.pdf>.
4. Национальный Регистр и Библиотека корпоративных нефинансовых отчетов // Официальный сайт РСПП от 26.04.2019. – Режим доступа: <http://rspp.ru/simplepage/157>.
5. Индексы РСПП в области устойчивого развития, корпоративной ответственности и отчетности – 2018 // Официальный сайт РСПП от 26.04.2019. – Режим доступа: <http://media.rspp.ru/document/1/6/3/631c598f103ea7b185b809c0bbd176e9.pdf>.
6. Социальная хартия российского бизнеса // Официальный сайт РСПП от 26.04.2019. – Режим доступа: <http://rspp.ru/12/6273.pdf>.
7. Реестр организаций-участников Социальной хартии // Официальный сайт РСПП от 24.04.2019. – Режим доступа: <http://rspp.ru/simplepage/158>.
8. Щербаченко П.С. Государственное регулирование нефинансовой отчетности в России и мире / П.С. Щербаченко // Вестник Государственный университет управления, 2018. – № 8.- С.28-33. - DOI: 10.26425/1816-4277-2018-8-28-33.
9. Предприятия Волгоградской области // Официальный сайт Интерфакс от 24.02.2019. – Режим доступа: <https://interfax-era.ru/predpriyatiya/?region=12>.

**TO THE QUESTION OF ENVIRONMENTAL RESPONSIBILITY
RUSSIAN BUSINESS**

A.A. Matveeva¹; E.A. Zaliznyak¹; E.R. Zalizniak²

¹*Volgograd State University, Volgograd, 400062, Russia,
email: matveeva@volsu.ru, aamatveeva@bk.ru, elena.zaliznyak@mail.ru*

²*Russian Customs Academy, Lyubertsy, Moscow region, 140015, Russia,
email: katrinkatenok@mail.ru*

Abstract

The publication of non-financial reporting is an indicator to achieve criteria for sustainable development, which is especially important with the growth of competition between foreign and Russian organizations and enterprises. Russian companies do not strive for openness of their public environmental reporting, giving way not only to the Asian belt, but also to South American and Indian enterprises. According to the analytical review of corporate non-financial reports, only 16% of Russian companies are ready to submit their environmental documentation to third parties as independent experts. At the same time, social reports and sustainable development reports in the total share of non-financial statements occupy 75%, environmental reports make up an insignificant share - 9%. This indicates a lack of environmental responsibility among the representatives of Russian business, which is primarily defined as the social component of its activities. According to the Russian Union of Industrialists and Entrepreneurs, only 15% of Russian companies mention sustainable development goals in their reports, compared with foreign companies - 72%.

Such trends cannot be ignored both at the legislative level, expressed in the approval of the Concept on non-financial reporting, and at the public level - the circle of stakeholders is expanding, involving public non-profit organizations and the public in the process. Considering that the immediate anthropogenic load is experienced by the components of the environment of the territory where the object of the negative impact is located, issues of openness of non-financial reporting should be investigated at the regional level, and the Volgograd region is no exception. According to the results of the analysis of the database of the ecological and energy rating agency: voluntarily information was disclosed by less than 3% of the region's enterprises registered on the software and hardware portal for recording objects of negative environmental impact (100 companies out of 3802). An even more negative fact is that the regional enterprises, which are marked as the sources of the greatest negative environmental impact not only at the regional level, but also at the federal level, did not provide information on environmental reporting in public access. The lack of disclosure of non-financial reporting of enterprises of regional importance indicates the formalization of the process itself and its non-binding nature. This situation impedes the practical implementation of this process in the business structure of Russian companies, which does not allow achieving the criteria of sustainable development in full and raising the level of technospheric safety of the region.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ШУМОВ ЧЕРНОГО МОРЯ

О.В. Матузаева¹, С.А. Чернявская², Л.В. Третьякова³

Севастопольский государственный университет, Севастополь, 299053, Россия

e-mail: ¹olga.matuzaeva@mail.ru, ²svalch74@mail.ru, ³Li-li71@yandex.ru

Рассмотрены физические и математические особенности фоновых шумов применительно к бассейну Черного моря. Условия выделения полезного сигнала, степень затухания инфразвуковых и низких частот, его гидроакустические и гидрометеорологические особенности.

Введение. Для контроля состояния водоемов и прибрежных вод учеными и специалистами природоохранных служб систематически выполняется мониторинг окружающей природной среды и измерение параметров прибрежных вод. Анализ различных работ показывает, что морская водная среда насыщена множеством шумов, частота которых изменяется от десятых долей герца до сотых килогерца, а их интенсивность от порога слышимости ($2 \cdot 10^{-5}$ Па) - до сотни паскалей. В зависимости от источника, их вызывающего, их разделяют на шумы естественного (сейсмические, динамические, биологические, синоптические и другие) и искусственного (судоходство, гидротехнические и другие) происхождения. Характеристики шумов в высокочастотных спектрах определяются процессами, происходящими в зоне с радиусом несколько километров, то низкочастотная часть спектра позволяет судить о процессах на удалении десятков и даже сотен километров от приемной акустической системы. Каждый гидроакустический объект обладает присущим только ему шумовым спектром, который имеет такие же звуковые особенности, как индивидуальный голос человека. Но решить эту задачу можно только при условии формального описания шумов моря.

Постановка цели и задач научного исследования. Целью данной работы является математическое описание шумов моря и физические особенности фоновых шумов Черного моря как специфического замкнутого водного бассейна с глубинами более 2 км.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие научные задачи. Во-первых, обобщить источники шумов в Черном море в зависимости от физических причин, их вызывающих. Во-вторых, осуществить математическую формализацию описания шумов моря. В-третьих, выделить особенности шумов в мелководных районах моря.

Источники шумов в Черном море. В море и на его границах постоянно существует множество естественных источников, возбуждающих акустические колебания в водной среде. В зависимости от физической природы их принято различать как динамические, сейсмические, подледные, биологические и искусственные (технические) шумы.

Динамическими шумами считаются такие шумы, природа которых обусловлена динамическими процессами. В первую очередь это обусловленные потоком основного черноморского течения. Шум от движения его потока значительно возрастает там, где он натывается на препятствия, обусловленные подъемом морского дна или береговой чертой. Подобные явления особенно контрастно наблюдаются в северных районах Черного моря. Кроме этого, турбулентные потоки, вызываемые неровностями береговой черты, генерируют турбулентный шум. Турбулентный шум генерирует водный поток за счет интенсивного трения движущейся воды о морское дно. Особый вид динамических шумов – это шум ветрового волнения. Он проявляется

практически по всей акватории моря. Его интенсивность определяется степенью волнения водной поверхности, а продолжительность – временем шторма.

Сейсмические шумы обусловлены сейсмическими процессами, происходящими в земной коре, подвижкой тектонических плит, процессами, происходящими на тектонических разломах, и постоянно существующими микросейсмическими колебаниями земной коры.

Подледные шумы вызываются динамическим взаимодействием льдин и ледяных полей, их распространением под действием термического атмосферного и солнечного воздействия, результатом воздействия ветра и течения на ледяное поле. Этот шум проявляется только в зимний период и главным образом в Керченском проливе.

Биологические шумы создаются различными представителями морской фауны, а именно ракообразными, определенными видами рыб и морскими животными. Для акватории Черного моря шумы биологического происхождения проявляются главным образом в летний период в мелководной зоне и прибрежной полосе.

Технические или искусственные шумы являются результатом деятельности человека. Они проявляются в виде шумов судоходства, шумов от работы гидротехнических сооружений, шумов предприятий, расположенных на берегу и в непосредственной близости к морю.

Особенности искусственных (технических) шумов. Шумы искусственного происхождения в общем случае разделяют на две группы. Первая – это шумы судоходства, создаваемые водными транспортными средствами, а вторая – это шумы, приходящие с гидротехнических сооружений (это может быть и морская буровая платформа) и береговых предприятий. В первом случае источником шума является корабль или судно, а его появление и интенсивность шума определяются режимом работы его главных и вспомогательных механизмов, скорости хода и направления движения, состояния корпуса, донно-заборной арматуры и выдвигных устройств, конструкции гребных винтов или других двигателей. Время их появления определяется входом в зону действия средств гидроакустического наблюдения. Во втором случае источником шума являются конструкции гидротехнических сооружений, вибрации которых и генерируют технический шум. Предприятия, находящиеся на берегу, автомагистрали, железнодорожные мосты во время работы и при прохождении по ним транспорта являются источниками колебаний, которые проходят по различным слоям грунта и переизлучаются морским дном. Для этой группы источников шума характерна повышенная активность днем и пониженная ночью.

Движение судна вызывает возникновение шумов, обусловленных вращением в воде гребного винта и обтеканием водой наружной обшивки корпуса. При вращении гребных винтов в воде возникает шум, превосходящий по интенсивности шумы других источников на судне. Связано это с тем, что преобладающая часть энергии главных двигателей затрачивается на создание упора гребного винта, необходимого для движения судна, и даже малый процент этой энергии, переходя в звуковое излучение, создает гидроакустические волны значительной амплитуды. Длины возникающих волн меняются от сотни метров до сотых частей метра, а соответствующий им спектр частот шума охватывает диапазон от единиц герца до сотни килогерц. Практически для всех водных транспортных средств, следующих со скоростью более 10...12 уз, максимальное значение спектра находится в области 1 кГц и при смещении в область высоких частот уменьшается в область 6 дБ на октаву. Кроме этого, для спектров судов характерны дискретные составляющие, которые проявляются, как правило, независимо от скорости хода судна.

Таким образом, особенность искусственных шумов состоит в том, что они генерируются двумя группами источников. Первая - корабли и суда, вторая – предприятия, расположенные на берегу. Особенность спектра водных транспортных средств

состоит в том, что их максимум на частоте около 1 кГц и, продвигаясь в высокочастотную часть, спадает 6 дБ на октаву.

Математическая формализация описания шумов моря. В свободном пространстве условно выделим некоторый замкнутый объем V , ограниченный поверхностью S . Рассмотрим в нем слоистую водную среду с постоянной глубиной h . Шумовое поле $p(r, z)$ в нем на фиксированной частоте f удовлетворяет уравнению Геймгольца

$$\frac{\partial^2 h}{\partial r^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial z^2} + h \cdot k_0^2 (F(z) + \tilde{F}(r, z)) = U(r, z), \quad (1)$$

где $r = \{x, y\}$ – проекция радиус-вектора произвольной точки внутри объема V на горизонтальную плоскость;

z – вертикальная координата, отсчитываемая от поверхности к дну моря;

U – плоскость источников шума;

F и \tilde{F} – соответственно среднее значение и флуктуирующая часть квадрата показателя преломления среды,

k_0 – опорное значение волнового числа.

Случайные поля \tilde{F} , U будем считать статистически однородными и независимыми друг от друга.

Параметры шумовых источников зададим функцией корреляции, которая допускает разделение переменных

$$B(p, z_1, z_2) = \langle U(r_1, z_1) U^*(r_2, z_2) \rangle, \quad (2)$$

где $r = r_1 + ir_2$.

Далее будем рассматривать шум на фиксированной частоте f , по этой причине в аргументах функций ее (частоту) указывать не будем.

Допускаем, что размер акватории, с которой поступает шум в точку приема, велик по сравнению с характерной длиной цикла акустического луча в черноморском подводном звуковом канале. В этом случае в разложении поля p по собственным функциям волновода можно пренебречь всеми членами, кроме N – первых, где N – число распространяющихся на данной частоте мод:

$$p(r, z) = \sum_{n=1}^N p_n(r) \alpha_n(z). \quad (3)$$

Здесь функции α_n удовлетворяют уравнением (4) и граничным условиям при $z = 0$ и $z = h$; ξ_n – горизонтальное волновое число n -й моды.

$$\left[\frac{d^2}{dz^2} + k_0^2 F(z) - \xi_n^2 \right] \alpha_n = 0. \quad (4)$$

При выполнении того же условия комплексные амплитуды отдельных мод оказываются некоррелированными между собой, то есть

$$\langle p_n p_m^* \rangle = 0 \text{ при } n \neq m. \quad (5)$$

Отметим, что указанные свойства корреляции могут быть при полном отсутствии флуктуаций в водной среде.

Вычислим функцию когерентности шума:

$$\xi(r_1, r_2, z_1, z_2) = \langle p(r_1, z_1) p^*(r_2, z_2) \rangle. \quad (6)$$

В соответствии со сказанным выше для этого достаточно найти корреляционный вектор, который определяет решение уравнения (1).

$$G = \{G_n\}, \quad n = 1, \dots, N \quad (7)$$

с компонентами

$$G_n(\mathbf{r}) = \langle P_n(r_1) P_n^*(r_2) \rangle. \quad (8)$$

Чтобы определить G , произведем в горизонтальной плоскости разложения шумового поля по плоским волнам и вычислим интенсивность каждой такой волны. Если горизонтальный радиус корреляции флуктуаций среды a_r велик по сравнению с длиной звуковой волны λ , для расчета интенсивности каждой спектральной компоненты можно использовать параболическое уравнение, а рассеяния на случайных неоднородностях учесть в марковском приближении. Окончательный ответ получится интегрированием всех плоских волн, приходящих с различных направлений в точку наблюдения.

Получим требуемое разложение шумового поля. Введем в горизонтальной плоскости полярные координаты с осью, направленной по вектору r . Введем также вспомогательную декартову систему координат x_θ, y_θ с осью абсцисс, составляющей угол θ с полярной осью. Коррелятор G можно разложить в спектр по координате y_θ как

$$G(x_\theta, y_\theta) = \int_{-\infty}^{+\infty} S_\theta(x_\theta, \xi) \exp(-i\xi y_\theta) d\xi; \quad S_\theta = \{S_{\theta_n}\}. \quad (9)$$

В то же время G можно представить в виде полного Фурье-разложения в горизонтальной плоскости:

$$G(\mathbf{p}) = \int E(k) \exp(-ikp) dk. \quad (10)$$

Выражая в последнем соотношении двумерный спектр E через S_θ и переходя при интегрировании по k к полярным координатам, получим

$$G(\mathbf{p}) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \int_0^\infty e^{-ikp} d\theta dk \int_{-\infty}^{+\infty} e^{ikx} S_\theta(x, 0) dx. \quad (11)$$

Выразим функцию $S_\theta(x, 0)$ через ее значения при $x = 0$. Для этого представим S_θ в виде суммы

$$S_\theta = S_\theta^+ + S_\theta^-, \quad (12)$$

где S^\pm – это выходы в спектр волн, бегущих соответственно в положительном и отрицательном направлении оси x_θ .

Считая, что амплитуда n -й моды A_n остается постоянной на дистанциях порядка радиуса корреляции шумового поля, для S_θ^+ будем иметь

$$S_{\theta_n}^+(x_2 - x_1, 0) = \langle A_n \cdot \exp(i\xi_n x_1) \cdot A_n^* \cdot \exp(-i\xi_n x_2) \rangle = \exp[-i\xi_n(x_2 - x_1)] S_{\theta_n}^+(0, 0). \quad (13)$$

Другими словами,

$$S_\theta^+(x, 0) = \exp\left(-i \hat{k} x\right) \cdot S_\theta^+(0, 0). \quad (14)$$

Здесь ввели оператор горизонтального волнового числа \hat{k} , имеющий в базисе $\{\alpha_n\}$ матрицу

$$k_{nm} = \xi_n \delta_{nm}, \quad (15)$$

где δ_{nm} – символ Кронекера.

Принимая во внимание соотношения $S_\theta^-(x, 0)$ и вычисляя интеграл (11) по x и k , получаем

$$G(\mathbf{p}) = \hat{k} \int_0^{2\pi} e^{-i \hat{k} p \cdot \cos \theta} \cdot S_\theta^+(0, 0) d\theta. \quad (16)$$

Формула (16) сводит задачу к расчету величин $S_{\theta}^{+}(0,0)$, то есть интенсивностей мод, распространяющихся в положительном направлении оси x_{θ} .

Таким образом, спектр шумов в рассматриваемой точке морской (слоистой водной) среды определяется совокупностью спектров всех возможных источников, волны от которых попадают в точку приема.

Выводы:

1. Шумы моря интенсивного и искусственного происхождения занимают диапазон от герца до 100 кГц, а вклад в определенную область частот зависит от сезона, времени суток, региона и условий гидроакустического наблюдения.

2. Условия решения поставленной задачи определяются конструктивным исполнением акустической антенны шумопеленгаторной станции, ее амплитудно-частотными характеристиками, гидрологическими и гидрометеорологическими параметрами черноморского бассейна и спектральными характеристиками маломерных быстроходных плавсредств.

3. Особенностью распространения шумов в мелководных районах моря является повышенная степень затухания инфразвуковых и низких частот.

4. Условия решения поставленной задачи определяются конструктивным исполнением акустической антенны шумопеленгаторной станции, ее амплитудно-частотными характеристиками, гидрологическими и гидрометеорологическими параметрами черноморского бассейна и спектральными характеристиками маломерных быстроходных плавсредств.

Список литературы:

1. Дивизинюк М.М. Акустические поля Черного моря / М.М. Дивизинюк. – Севастополь: Гос. океанариум, 1998. – 352 с.
2. Физика океана // Под ред. Ю.П. Доронина. – Л.: Гидрометеоиздат, 1978. – 296 с.
3. Шулейкин В.В. Физика моря / В.В. Шулейкин. – М.: Наука, 1966. – 1093 с.
4. Болгов В.М. Акустические шумы и помехи на судах / В.М. Болгов, Д.Д. Плахов, В.Е. Яковлев. – Л.: Судостроение, 1984. – 192 с.

MATHEMATICAL DESCRIPTION OF NOISE BLACK SEA

O.V. Matuzaeva¹, S.A. Chernyavskaya², L.V. Tret'yakova³

Sevastopol State University, Sevastopol, 299053, Russia

e-mail: ¹olga.matuzaeva@mail.ru, ²svalch74@mail.ru, ³Lili71@yandex.ru

Abstract

The physical and mathematical features of background noises in relation to the black sea bass-Seine are considered. The conditions for the allocation of a useful signal, the attenuation of infrasound and low frequencies of its sonar and hydro-meteorological characteristics.

ОЧИСТКА ВОЗВРАТНЫХ ПОТОКОВ ПЛОЩАДКИ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ КАНАЛИЗАЦИИ ОТ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Е.Н. Матюшенко

*Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет
(Сибстрин), г. Новосибирск, 630008, Россия, e-mail: ematyushenko1991@mail.ru*

Многочисленные исследования по очистке сточных вод от биогенных веществ выявили преобладающее воздействие на эвтрофирование водоёмов фосфора [1, 2]. Для снижения вероятности эвтрофирования необходимо снижать фосфор в стоках, сбрасываемых в водоем до $0,2 \text{ мг/дм}^3$.

Существует несколько методов удаления фосфора из сточной жидкости: физический, физико-химический, биологический и комбинированный [3, 4].

К физическим методам относится отстаивание, в результате которого задерживаются взвешенные вещества, содержащие органический фосфор. Эффективность данного метода не превышает 5–10%, а в ряде случаев, при несвоевременной выгрузке сырого осадка и его гниении происходит даже увеличение концентрации фосфора в осветленной сточной жидкости, поступающей в сооружения биологической очистки.

В основе биологического метода удаления фосфора лежит способность микроорганизмов рода *Acinetobacter* использовать на синтез клетки большее количество фосфора. Несмотря на всю свою экологичность данный метод имеет низкий эффект очистки сточной жидкости от фосфора (не более 70%).

Физико-химический метод позволяет снизить фосфор до нормативных показателей на разных этапах очистки сточных вод. Однако, несмотря на высокую эффективность метода, главным его недостатком является его неэкологичность за счет вторичного загрязнения ионами металлов, а также сульфатами и хлоридами. Сдерживанием для широкого применения данного способа является высокая стоимость реагентов и большие объемы осадка. Также к основным недостаткам этого метода следует отнести зарастание аэраторов и образование в аэротенках и вторичных отстойниках залежей, загнивающих со временем и вызывающих вторичные загрязнения биологически очищенной сточной жидкости, быстрый износ трубопроводов, арматуры и оборудования.

Комбинированный способ очистки сточных вод от фосфора заключается в снижении фосфора на стадии биологической очистки и введении извести из иловой воды перед ее сбросом в «голову» сооружений. К существенным недостатком относятся сложность внедрения на действующих ОСК, высокие строительные затраты узла удаления фосфора, а также большие объемы химического осадка за счет введения большого количества извести.

Целью настоящей работы было выявление мест обогащения сточных вод фосфором на Новосибирских ОСК и предложение простого способа его снижения с получением осадка, пригодного для повторного применения.

Гипотетически снизить фосфор при сбросе стоков в водоем, если исключить прирост концентрации фосфора в приемной камере, который наблюдается в результате сброса стоков внутриплощадочной канализации, что позволит в сочетании с последующей биологической очисткой снизить фосфор до требуемых показателей.

Экспериментальные исследования проводились по следующей схеме: отобраные высококонцентрированные сточные воды разливались в требуемом объеме в конические колбы, при этом замерялись исходные величины основных химических показателей сточных вод, рН и температуры. Затем путем ввода гидроксида натрия со-

здавалось требуемое значение величины активной реакции среды (9–11). После ввода NaOH, пробы герметизировались и перемешивались в течение 20 минут на перемешивающем устройстве с максимальной частой колебаний. После перемешивания также замерялась температура и рН сточной жидкости, замерялись остаточные концентрации фосфора и других показателей (после фильтрования через бумажный фильтр «синяя лента»). Измерение рН производилось переносном рН-метром-термометром «НИТРОН». Определение значений концентраций фосфора и других химических показателей осуществлялось с использованием экспресс-тестов LCK на спектрофотометре DR3900 немецкой фирмы Lange. При проведении экспериментов контролировались следующие показатели: фосфор фосфатов, азот аммонийный, азот нитратный, ХПК, хлориды, сульфаты, кальций, магний и жесткость, а также концентрация взвешенных веществ.

При разработке технологических схем ОСК были включены сооружения, являющиеся местами обогащения стоков фосфатами, такие как: первичные отстойники с подачей в них избыточного активного ила для его уплотнения, преаэраторы в сочетании с первичными отстойниками, регенераторы азротенков, сооружения по уплотнению, стабилизации и обезвоживанию осадков сточных вод [5–7]. Ниже кратко описывается технологическая схема Новосибирских ОСК.

Поступающие сточные воды проходят несколько этапов очистки – механическую очистку, биологическую очистку в азротенках с последующим УФО-обеззараживанием и сбрасываются в реку Обь. На Новосибирских ОСК основными сооружениями, в которых наблюдается высокая концентрация фосфора являются сооружения по обработке осадков: илоуплотнители ИАИ, метантенки, уплотнители СО, цех механического обезвоживания осадка и иловые площадки. Концентрация фосфора в исходном потоке, поступающем на ОСК, может достигать 4 мг/дм³, а сбрасываемая биологически очищенная сточная жидкость имеет среднегодовую концентрацию фосфора 2–3 мг/дм³ (здесь и далее по P-PO₄³⁻). При этом концентрация фосфора в возвратных потоках, образующихся от сооружений по обработке и обезвоживанию осадков, может достигать более 100 мг/дм³.

Сброс в приемную камеру неочищенных вышеперечисленных высоконцентрированных сточных вод не только приводит к увеличению концентрации фосфора в исходном потоке (до 1,5 мг/дм³), но и приводит к увеличению нагрузки на сооружения механической и биологической очистки сточной жидкости по взвешенным и органическим веществам.

Проведенные обширные исследования показали, что в иловых и дренажных водах, фугате и фильтрате помимо высоких концентраций фосфора наблюдаются повышенные значения ионов кальция и магния, которые способны удалять фосфор путём элементарного повышения рН жидкости гидроксидом натрия с образованием труднорастворимых двухосновных солей магния и кальция.

Концентрации фосфора в проведенных экспериментах по удалению фосфора из высоконцентрированных сточных вод внутриплощадочной канализации площадки ОСК были 8,4–132 мг/дм³. Ниже приводится ряд исследований по извлечению фосфора из иловой воды илоуплотнителей (с концентрацией фосфора 17,6 мг/дм³) и фугата с концентрацией фосфора фосфатов 42,6 и 75 мг/дм³.

В эксперименте с иловой водой при рН=11 остаточная концентрация составила 0,7 мг/дм³. Для изучения изменения концентраций ионов, в пробах, соответствующих рН=10 и рН=11, были также определены жёсткость, концентрации кальция и магния, рассчитаны эффекты снижения данных показателей. Результаты измерений показали, что при рН=10 концентрация ионов кальция в пробе снизилась с 90,5 мг/л до 40,7 мг/дм³, а ионов магния с 20,1 мг/дм³ до 18,9 мг/дм³. Таким образом, эффект удаления ионов кальция составил 55,5%, а магния – 6%. Общая жёсткость при этом снизилась с 2,6 °Ж до 1,3 °Ж (эффект составил около 42 %). При рН=11 концентра-

ция ионов кальция в пробе снизилась до 32,3 мг/дм³, а ионов магния до 15,6 мг/дм³. Следовательно, эффект удаления ионов кальция составил 64,3%, а магния – 22,4%. Общая жёсткость снизилась до 1 °Ж (эффект составил около 53 %).

Проведенные дополнительно исследования с применением только NaOH и относительно невысокими концентрациями фосфора в иловых водах (до 30 мг/дм³) выявили следующее, что независимо от исходной концентрации фосфора в сточной жидкости наблюдается близкий эффект удаления фосфатов в зависимости от pH. Объединённые данные опытов с исходной концентрацией $C_{Ca}=68,4-90,5$ мг/дм³ и $C_{Mg}=15,8-22$ мг/дм³ при pH>10,5 показали, что эффект удаления кальция (Δ_{Ca}) и магния (Δ_{Mg}) составил 64,3–70,5% и 22,4–30,7% соответственно. Остаточные концентрации фосфора в проведенных опытах при этом составили 0,59–0,92 мг/дм³.

Далее рассмотрим два опыта, проведенные с фугатом центрифуг. Для данного вида стоков характерны более высокие концентрации фосфора при относительно высоких значениях ХПК, азота аммонийного, взвешенных веществ и ионов жесткости. В таблице 1 приведены данные по удалению фосфора из фугата подщелачиванием NaOH. Физико-химические показатели качества фугата составили: фосфор 42,6 мг/дм³, ХПК – 411 мг/дм³, азот аммонийный – 100 мг/дм³, взвешенные вещества – 230 мг/дм³, кальций – 97,8 мг/дм³ и магний 30,6 мг/дм³. Температура и активная реакция среды во время проведения опытов составили соответственно 20,2 °С и 6,93 единицы.

Таблица 1

Эффект удаления фосфора из фугата при вводе гидроксида натрия

Исследуемый диапазон pH	Начальная концентрация фосфора в фугате (по P-PO ₄ ³⁻), мг/дм ³	Начальная концентрация азота аммонийного в фугате (по N-NH ₄ ⁺), мг/дм ³	Начальная концентрация ХПК в фугате, мг/дм ³	Остаточные концентрации фосфора в пробах (по P-PO ₄ ³⁻), мг/дм ³	Эффект очистки по фосфору (Δ_p), %
pH =9	42,6	100	411	20,9	50,9
pH =9,5				15,8	62,9
pH =10				12,2	71,4
pH =10,5				10,5	75,4
pH =11				10,3	75,8

В пробе, соответствующей pH=11 были определены концентрации кальция, магния и азота аммонийного, рассчитаны эффекты снижения данных показателей. Результаты измерений показали, что при pH=11 концентрация ионов кальция в пробе снизилась с 97,8 мг/дм³ до 37,3 мг/дм³, а ионов магния с 30,6 мг/дм³ до 17 мг/дм³. Таким образом, эффект удаления ионов кальция составил 61,9%, а магния – 44%. Дополнительно в этой же пробе была определена концентрация азота аммонийного, которая составила 59,4 мг/дм³ (эффект составил 40,6%).

Следующий эксперимент был проведен также с фугатом, но при более высокой концентрации фосфора фосфатов (табл. 2). Концентрация N-NH₄⁺ составила 205 мг/дм³, взвешенных веществ – 380 мг/дм³, кальций – 101 мг/дм³, магний – 37,3 мг/дм³. Температура и pH составили 19 °С и 6,9 соответственно. При pH=11 концентрация N-NH₄⁺ снизилась с 205 до 39 мг/дм³ (эффект составил 81%), а кальций и магний снизились до 7,3 и 7,1 соответственно ($\Delta_{Ca}=92,8\%$ и $\Delta_{Mg}=81\%$). Таким образом, в результате химического взаимодействия ион-фосфата с присутствующими в сточных водах ионами кальция и магния при высоких значениях pH происходит образование труднорастворимых комплексных соединений кальция и магния.

Как видно из таблиц 3 и 4, при высоких значениях фосфора в стоках невозможно добиться снижения фосфатов до концентраций соизмеримых с исходным потоком,

поступающем от населенного пункта, позволяющим при смешивании с ним не увеличивать концентрацию по биогенным элементам только за счет связывания ион-фосфатов с ионами жесткости подщелачиванием. Для достижения концентраций фосфора ниже 5 мг/дм³ предлагается ввод извести в соотношении P:Ca²⁺ = (1–1,5) и гидроксида натрия, необходимых для повышения pH до 10,5–11.

Таблица 2

Эффект удаления фосфора из фугата при вводе гидроксида натрия

Исследуемый диапазон pH	Начальная концентрация фосфора в фугате (по P-PO ₄ ³⁻), мг/дм ³	Начальная концентрация азота аммонийного в фугате (по N-NH ₄ ⁺), мг/дм ³	Начальная концентрация ХПК в фугате, мг/дм ³	Остаточные концентрации фосфора в пробах (по P-PO ₄ ³⁻), мг/дм ³	Эффект очистки по фосфору (Э _p), %
pH =9	75	205	676	27,8	62,9
pH =9,5				25,5	66,0
pH =10				24,8	66,9
pH =10,5				23,9	68,1
pH =11				17,8	76,3

На основании полученных данных была разработана и предлагается технологическая схема очистки высококонцентрированных сточных вод, образующихся в ходе обработки осадков, перед сбросом в голову очистных сооружений канализации, позволяющая в сочетании с биологической очистки снижать фосфор в очищенной сточной жидкости, сбрасываемой в водный объект, до 0,5–0,7 мг/дм³. Данная схема изображена на рисунке 1.

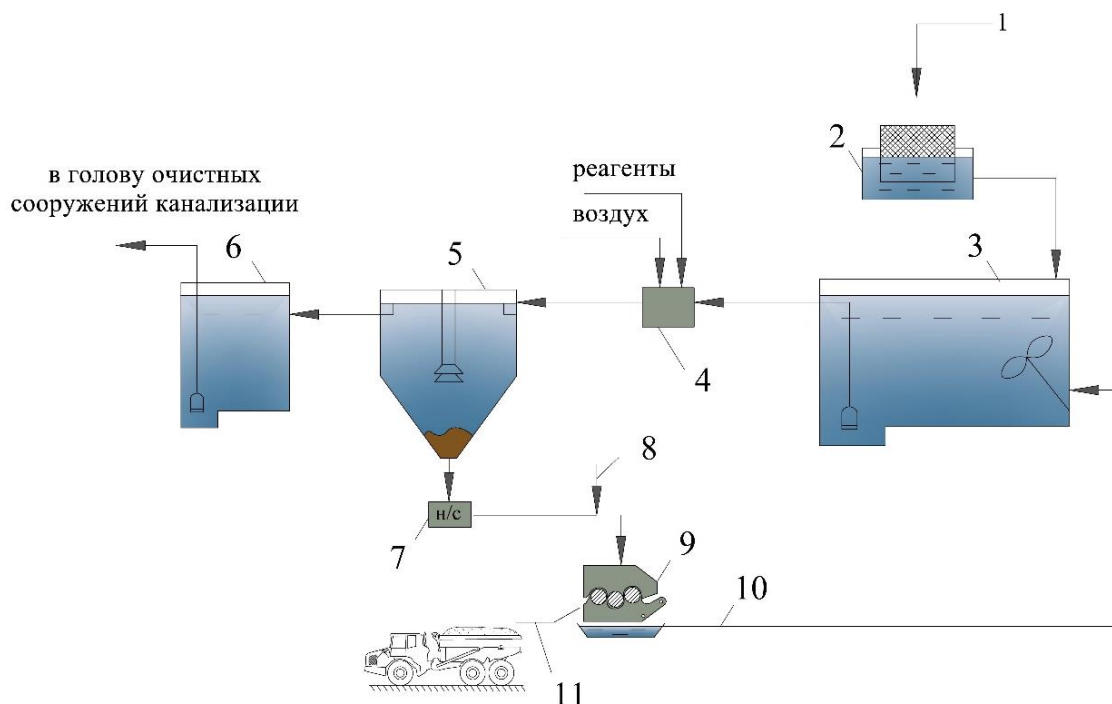


Рис. 1. Схема узла физико-химической очистки сточных вод:

- 1 – поступающие на физико-химическую очистку сточные воды; 2 – барабанное сито;
- 3 – резервуар усреднитель; 4 – камера реакции; 5 – отстойник физико-химической очистки;
- 6 – резервуар сбора очищенной сточной жидкости внутриплощадочной канализации;
- 7 – насосная станция; 9 – флокулянт; 9 – фильтр-пресс; 10 – фильтрат в резервуар хозяйственно-бытовых стоков; 11 – обезвоженный осадок (кек)

Возвратные потоки сточных вод (иловая вода уплотнителей, фугат, фильтрат, дренажные воды с иловых полей), а также поступающие от санузлов и душевых, направляются на барабанные сита для задержания крупных включений, затем в резервуар-усреднитель. Усредненная по составу и расходу сточная жидкость направляется в камеру-реакции, в которую подаётся воздух и раствор гидроксида натрия в количестве, обеспечивающим повышение рН до 10,5–11. При необходимости перед подачей гидроксида натрия осуществляется ввод известкового молока из соотношения $P:Ca^{2+} = (1-1,5)$. При таком значении рН происходит связывание ионов кальция и магния, присутствующих в сточной воде с ион-фосфатом в труднорастворимую соль ортофосфорной кислоты. Осаждение образовавшегося кристаллического и органического осадка происходит в отстойниках физико-химической очистки. Обедненные от фосфора стоки направляются в резервуар для сбора сточной жидкости и насосом перекачивается в приемную камеру ОСК, а образовавшийся в отстойниках осадок обезвоживается на фильтр-прессах и может использоваться в качестве органоминерального азотнофосфорного удобрения. В тоже время при высоких значениях рН происходит дополнительно обеззараживание сточной жидкости и дегельминтизация осадка, а также предотвращение распространения запахов [9–11].

Разработана простая в эксплуатации технологическая схема удаления фосфора из стоков внутриплощадочной канализации, позволяющая снижать фосфор в очищенной сточной жидкости, сбрасываемой в водоём, в сочетании с биологической очисткой, до 0,5–0,7 мг/дм³ при концентрациях фосфора до 30 мг/дм³ путем ввода только гидроксида натрия, а при больших концентрациях фосфора – возможен ввод извести в соотношении $P:Ca^{2+} = (1-1,5)$ и гидроксида натрия, необходимых для повышения рН до 10,5–11.

Список литературы:

1. Амбросова Г. Т. Сравнительная оценка применяемых методов удаления фосфора из сточной жидкости / Г.Т. Амбросова, А.А. Функ, С.Д. Иванова, Г. Шанхор // Водоснабжение и санитарная техника, 2016. – №2, С. 25 – 36.
2. Амбросова Г. Т. Фосфор в сточных водах – анализ методов удаления / Г.Т. Амбросова, А.А. Функ, Е.Н. Матюшенко // ВодаMagazine, 2016. – №7 (107), С. 32–35.
3. Амбросова Г. Т. Закономерности процесса дефосфатизации активного ила в анаэробных условиях / Г.Т. Амбросова, О.М. Меркель, Т.А. Бойко, Е.В. Хвостова, А.А. Перминов // Известия вузов. Строительство, 2003. – №6, с. 75.
4. Воронов Ю.В. Водоотведение / Ю.В. Воронов, Е.В. Алексеев, Е.А. Пугачев // М.: АСВ, 2014. – С. 282–284.
5. Амбросова Г. Т. Места дефосфатирования городской сточной жидкости и эффект удаления фосфора реагентами / Г.Т. Амбросова, Е.Н. Матюшенко, Н.В. Синеева // Вода и экология: проблемы и решения, 2017. – №4 (72), С. 13–25.
6. Иваненко И.И. Оценка выноса азота и фосфора из узла обработки осадка на очистных сооружениях г. Пушкина с глубоким удалением биогенов / И.И. Иваненко // Вода и экология: проблемы и решения, 2014. – №3 (59), С. 52–62.
7. Иваненко И.И. Исследования загрязнений обработки осадка на очистных сооружениях с глубоким биологическим удалением биогенов / И.И. Иваненко // Вестник гражданских инженеров, 2015. – №1 (48), С. 165–171.
8. Колова А. Ф. Реагентное удаление фосфатов из сливных вод / А.Ф. Колова, Т.Я. пазенко, Е.М. Чудинова // Вестник ИрГТУ, 2013. – №10 (81), С. 161–163.
9. Амбросова, Г. Т. Эффективность работы компактной установки очистки высококонцентрированных стоков предприятий пищевой промышленности. В: III Всероссийская научная конференция с международным участием «Энерго- и ресурсоэффективность малоэтажных жилых зданий». Новосибирск: Институт Теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН, 2017. – С. 244.

10. Галанцева Л.Ф. Исследования эффективности очистки сточных вод г. Чистополя от фосфатов / Л.Ф. Галанцева, С.В. Фридланд // Вестник Казанского технологического университета, 2010. – №2, С. 311–314.
11. Доскина Э.П. Обработка и утилизация осадков городских сточных вод / Э.П. Доскина, А.В. Москвичева, Е.В. Москвичева, А.А. Геращенко // Волгоград: ВолгГТУ, 2018. с. 32.

**TREATMENT OF RETURN FLOWS OF WASTEWATER TREATMENT
PLANT SITE FROM BIOGENIC ELEMENTS**

E.N. Matyushenko

*Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin),
Novosibirsk, 630008, Russia, e-mail: ematyushenko1991@mail.ru*

Abstract

This article describes the problem, which is associated with negative consequences resulting from the discharge of treated wastewater with residual concentration of phosphorus. A brief assessment of the known methods of phosphorus removal is given. Areas and causes of the most intensive allocation of phosphorus during wastewater and sludge treatment are pointed. It was found that the discharge of this wastewater into the wastewater treatment plant (WWTP) inlet chamber for retreatment leads to the increase of suspended solids, organic and nutrients concentrations (nitrogen and phosphorus) in raw wastewater, depending on the facilities structure and the season. As a result, phosphorus concentration in treated wastewater, discharged into a reservoir, increases. The information on the number of nutrients in the return flows of sediment treatment units and mechanical sludge dewatering workshop was received. The article shows results of studies of phosphorus removal from wastewater of on-site sewage by means of calcium and magnesium ions, which are present in the waste liquid in an alkaline medium. Based on the obtained results, a scheme for phosphorus removal with the production of sediment was developed and proposed for implementation. After stabilization and neutralization the sediment can be used as an organic-mineral fertilizer in agriculture.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ОПОЛЗНЕВЫХ ЯВЛЕНИЙ НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ

А.Н. Махинов

*Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, Хабаровск, 680000, Россия
e-mail: amakhinov@mail.ru*

В дальневосточном регионе опасные природные процессы нередко наносят значительный ущерб населению и хозяйственной деятельности. Этот ущерб пока еще не достигает катастрофических размеров только вследствие слабой в целом освоенности территории. Однако по мере все более интенсивного экономического развития негативные последствия оползней, наводнений, снежных лавин, селевых потоков и других неконтролируемых человеком опасных природных явлений будут все более внушительными. Нередко антропогенный фактор становится одним из главных в возникновении катастрофических природных процессов [1]. При этом обеспечение природно-техногенной безопасности не может быть решено чисто техническими средствами вследствие возможного возникновения негативных последствий этих процессов и отсутствия необходимых материальных ресурсов для осуществления в полном объеме защитных мероприятий [2]. Это необходимо учитывать при планировании различных видов хозяйственной деятельности в регионе.

На Дальнем Востоке преобладает горный рельеф, представленный разновысотными горными системами и отдельными хребтами, сформировавшимися в пределах разновозрастных складчатых областей. Геоморфологические и климатические факторы обуславливают большую активность процессов физического выветривания пород и высокую подвижность рыхлых отложений на склонах. Рельеф горных районов имеет значительную горизонтальную и вертикальную расчлененность вследствие длительного тектонического поднятия, большого количества атмосферных осадков и других факторов. Склоны речных долин характеризуются большой крутизной и высокой активностью денудационных процессов.

Оползневые явления в регионе распространены довольно широко. Наиболее часто они происходят в долинах крупных рек на крутых склонах, сложенных рыхлыми отложениями, и на морских побережьях. На территории Дальнего Востока известны десятки крупных оползней, произошедших в четвертичное время, хорошо выраженных в современном рельефе.

Примером современных оползневых процессов может служить оползень в долине нижнего течения реки Зея. В начале ноября 1985 года на высоком правом склоне долины реки произошло смещение блока рыхлых горных пород размером 1000х400 м, сползшего вниз на 50 м [3]. Он раздробился на три фрагмента, а общий объем составил около 6 млн м³. 3 июля 2007 года в долине Гейзеров на Камчатке сошел оползень, перегордивший долину реки Гейзерной плотиной длиной 300 м, шириной 200-250 м и высотой до 50 м. Объем оползневого тела составил 20 млн м³ [4]. Еще один крупный оползень произошел 4 января 2014 года в верховье реки Гейзерной, перегордив ее русло плотиной, за которой образовалось подпрудное озеро размером 700х200 м.

На крутых склонах западного побережья Охотского моря выявлены многочисленные большие оползни-обвалы, сложенные у подножий высоких морских уступов крупноглыбистыми обломками горных пород. Они известны как сбросообвалы, а некоторые авторы считают, что в их смещении большая роль принадлежит землетрясениям [5]. Оползни часто приурочены к зонам повышенной тектонической трещиноватости пород. В пределах таких участков существенно снижается устойчи-

вость тяжелых горных масс на склонах. В последние годы большие недавно сошедшие оползни были обнаружены также на побережье Ульбанского залива Охотского моря [6].

Многочисленные небольшие обвалы горных пород на обрывистых берегах и оползни толщ рыхлых отложений на крутых склонах случаются на подрезаемых эрозией склонов в долинах многих горных рек бассейна Амура. Обычно они имеют объем не более одной тысячи м³. Чаще всего процессы смещения блоков рыхлого материала происходят в летнее время преимущественно после продолжительных интенсивных ливней при проникновении в континентальную часть Дальнего Востока тихоокеанских тайфунов. Большое количество малых по размерам оползней на склонах долины Амура было отмечено во время прохождения паводка 2013 года. Они были обусловлены размывами паводковыми водами реки оснований склонов, уменьшившими устойчивость вышележащих рыхлых масс.

Оползень в долине реки Бурей произошел 11 декабря 2018 г. Он представляет собой редкое природное явление, прежде всего, вследствие значительных размеров, что не характерно для низкогорных районов. Также необычным является смещение его в зимнее время при морозах минус 35-40°С. На территории России он является крупнейшим событием подобного рода за последние несколько десятков лет.

Полевые исследования оползня проводились 12-17 января 2019 г. Была проведена плановая и высотная съемка поверхности по измерениям в более чем 500 точках с использованием приемников сигналов глобальных навигационных спутниковых систем геодезического класса, позволивших определить основные параметры оползня (табл. 1). Определялись также отметки высот заплесков на правом берегу водохранилища волны цунами, возникшего при смещении оползня.

Таблица 1

Основные параметры Бурейского оползня по данным измерений

Размеры стенки срыва	600x500 м
Длина оползневого тела	800 м
Ширина максимальная/минимальная	620 м/150 м
Площадь надводной части	270000 м ²
Объем оползневого тела	24,5 млн. м ³
Высота над водой минимальная/максимальная	8,5 м/47 м
Максимальная высота заплеска волны цунами	56 м
Площадь полностью уничтоженного леса	300 га

С целью определения размеров подводной части оползня был пробурен лед в 52 точках по трем поперечным профилям с восточной стороны и одному профилю с западной стороны вдоль каменной плотины, перегородившей водохранилище. Глубины для надежности измерялись лотом, так как при такой температуре воздуха (минус 40°С) эхолот не всегда давал верные показания. В результате было установлено, что основная масса оползневого тела смещена к правому склону долины (рис. 1). Был проведен маршрут по долине р. Средний Сандар до точки максимального проникновения по ней волны цунами.

Анализ полученных материалов показал, что причиной оползня явилось сочетание ряда факторов, прежде всего: 1) большая крутизна склона, 2) наличие на склоне сильно трещиноватых горных пород в зоне тектонического дробления и 3) обводнение грунтов в нижней части склона в результате подъема урвней воды на 70 м при заполнении водохранилища Бурейской ГЭС.

Возможные негативные последствия оползня могут сказаться в основном весной и летом. Во время весеннего половодья при снежной зиме и быстром таянии снега, а

также во время высоких летних паводков возможен существенный подъем воды в верхней части водохранилища (выше каменной плотины) до высоты 10-15 м, что приведет к затоплению вышерасположенных территорий, в том числе поселка Чекунда и других населенных пунктов. Весной каменная плотина станет препятствием для движения льда и плавающей древесины в основную часть водохранилища, что может даже при невысоком ледяном заторе привести к дополнительному подъему уровней воды.

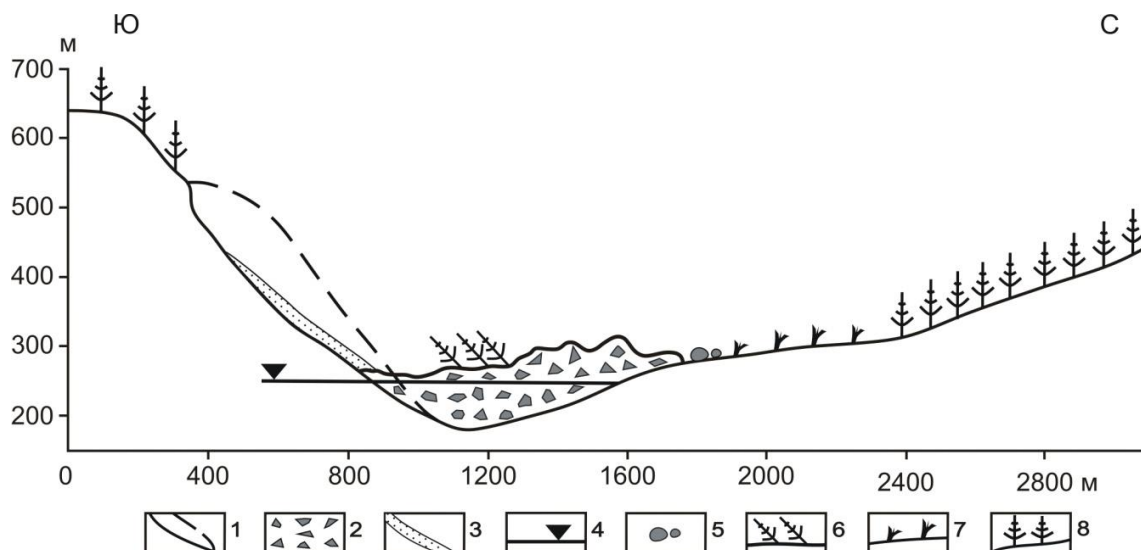


Рис. 1. Поперечный профиль оползня в долине р. Бурей

1 – первоначальная поверхность склона, 2 – оползневое тело, 3 – шлейф осыпей на поверхности скольжения оползня, 4 – уровень воды в водохранилище на момент события, 5 – отдельные глыбы, 6 – «пьяный лес», 7 – уничтоженный волной лес, 8 – не пострадавшая лесная растительность

В середине февраля 2019 г. специалистами Министерства обороны России были организованы и успешно проведены взрывные работы по частичному разрушению возникшей в результате оползня плотины и восстановлению свободного перетока воды из верхней части водохранилища в нижнюю его часть (рис. 2). Это было вызвано необходимостью обеспечить нормальную работу Бурейской ГЭС и не допустить затопление населенных пунктов и дорог выше запруды во время высоких летних паводков.



Рис. 2. Стенка срыва и оползневое тело (слева) и проран для пропуска вод из верхней части водохранилища в нижнюю его часть (справа)

Обследования прорана, соединившего верхнюю и нижнюю части водохранилища после проведения взрывных работ, проводились 14 февраля и 1 марта. Последний осмотр и выполненные измерения показали, что ширина водного потока в истоке

пробитого прорана составила 54 м, скорость течения 3,0 м/с, средняя глубина – 1,5 м. Рассчитанный расход воды составил около 220 м³/с. Наблюдения показали, что размыв берегов продолжается, однако его интенсивность невелика вследствие наличия на берегах скальных пород повышенной прочности. В дальнейшем возможно некоторое увеличение ширины прорана за счет бокового размыва при существенном возрастании расходов воды весной и летом. Однако размеры прорана недостаточны для сброса всех паводковых вод летом, что создает угрозу опасного подъема уровней воды в верхней части водохранилища с возможным затоплением села Чекунда и прилегающей инфраструктуры. Высока также вероятность повторных оползней на этом участке склона. Необходимо продолжить мониторинг сложившейся ситуации.

Работа выполнена при поддержке Дальневосточного отделения РАН (проект № 18-5-019).

Список литературы

1. Тржцинский Ю.Б. Роль техногенного фактора в развитии оползней Восточной Сибири // Геоэкология, 1997, № 1. С. 74-88.
2. Осипов В.И., Бурова В.Н., Заиканов В.Г., Минакова Т.Б. Основы оценки уязвимости территорий для опасных природных процессов, определяющих чрезвычайные ситуации (принципы и методические подходы) // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2015, № 3. С. 195-203.
4. Махинов А.Н., Поздняков А.В., Гусев М.Н., Помигуев Ю.В. Крупный оползень в долине р. Зеи // География и природные ресурсы, 1993. № 1. С. 175-177.
5. Пинегина Т.К., Делемень И.В., Дрознин В.А., Калачева Е.Г., Чирков С.А., Мелекесцев И.В., Двигало В.Н., Леонов В.Л., Селиверстов Н.И. Камчатская Долина гейзеров после катастрофы 3 июня 2007 г. // Вестник ДВО РАН, 2008. № 1. С. 33-44.
6. Алексеев М.Д., Онухов Ф.С., Уфимцев Г.Ф. Сбросообвалы на северо-западном побережье Охотского моря // Геология и геофизика, 1975, № 8. С. 87-95.
7. Махинов А.Н., Крюкова М.В., Пронкевич В.В. Ульбанский залив // Природа, 2017, № 8. С. 32-43.

ECOLOGICAL EFFECTS OF THE LANDSLIDES PROCESSES IN THE FAR EAST

A.N. Makhinov

*Institute of Water and Ecological Problems of the Far East Branch
of the Russian Academy of Sciences, Khabarovsk, 680000 Russia
e-mail: amakhinov@mail.ru*

Abstract

The dangerous manifestations of landslide processes in the territory of the Far East are considered. A description of the conditions and causes of the formation of a catastrophic landslide and tsunami in the reservoir of the Bureyskaya hydroelectric power station on December 11, 2018 is given. The main parameters of the landslide and its impact on the ecological state of the adjacent territories are given. The ways of minimization of the landslide consequences for the socio-economic conditions of the territory are shown.

ЭРОЗИОННО-АККУМУЛЯТИВНЫЕ ПРОЦЕССЫ НА ТРАНСГРАНИЧНОЙ ТЕРРИТОРИИ В ДОЛИНЕ АМУРА: ПРИЧИНЫ И ПОСЛЕДСТВИЯ

А.Ф. Махинова¹, А.Н. Махинов²

*Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, Хабаровск, Россия,
e-mail: ¹mahinova@iver.as.khb.ru; ²amakhinov@mail.ru*

Введение. Разнообразие природных условий трансграничной территории в бассейне р. Амур способствует ее активному освоению и интенсификации природопользования. В настоящее время территория характеризуется высокой степенью распаханности, что способствует развитию эрозионно-аккумулятивных процессов. В различных климатических условиях интенсификация природопользования неоднозначно влияет на характер взаимодействия природных и антропогенных факторов.

Одним из мощных факторов, воздействующих на механизмы формирования эрозионно-аккумулятивных процессов, являются природные особенности и сельскохозяйственная деятельность в бассейне трансграничной реки Амур. Все эти явления активизируют деградацию земель и способствуют выводу их из сельскохозяйственного оборота. Потенциальная опасность проявления эрозионно-аккумулятивных процессов наиболее остро проявляется в долинах рек Амур-Сунгари-Уссури. Эта проблема связана с активным заселением территории и интенсификацией землепользования и усугубляется неустойчивостью русловых процессов рек Амур, Сунгари, Уссури и их притоков. Однако изученность эрозионно-аккумулятивных процессов рассматриваемой территории недостаточная.

Решение многих прикладных вопросов в земледелии затрудняет отсутствие методов оценки воздействия русловых процессов на почвенный покров и свойства почв (их водопроницаемость и оструктуренность, состав гумуса, мощность профиля, содержание илистых фракций и др.). Оценка механизмов разрушения почвенного покрова в большей степени связана с противоэрозионной устойчивостью почв. Мелиорация и распашка обширных территорий требует организацию лесозащитных полос и ограничение некоторых видов техногенного воздействия на экосистемы. Перечисленные проблемы являются весьма актуальными для региона.

В этих условиях представляется важным рассмотреть формирование структуры земельного фонда и факторы, способствующие интенсификации аккумулятивно-эрозионных процессов и снижению плодородия почв. Учитывая, что территория бассейна Амура это зона рискованного земледелия, целью данной работы было оценить земельные ресурсы с позиций современного экологического состояния почв, как объекта сельскохозяйственного производства.

Материалы и методы исследований. Исследована равнинная территория бассейна р. Амур, где сосредоточены большие массивы сельскохозяйственных земель, включая сенокосы и пастбища. В административном отношении это Забайкальский край, Амурская область, ЕАО, Хабаровский и Приморский края. Использование современных крупномасштабных карт и космических снимков позволили выявить площади эрозионных земель и оценить интенсивность овражной сети. Было проведено районирование территории по особенностям проявления эрозионно-аккумулятивных процессов. Большой фактический материал получен при исследованиях почвенного покрова и геохимическом районировании территории бассейна Амура [1].

Результаты исследований. Большая протяженность бассейна Амура с запада на восток (более 2,5 тыс. км) и разнообразие его природных ландшафтов обусловили высокую степень контрастности почвенного покрова. Направленность почвообразо-

вания и закономерности развития почв в долинах рек бассейна Амура определяются географическими факторами. В составе почвенного покрова проявляются следующие закономерности: 1. На возвышенных равнинах и высоких надпойменных террасах преобладающими элементами в составе почвенного покрова являются дерновые, дерново-подзолистые и черноземовидные почвы. 2. В понижениях рельефа широко распространены луговые, лугово-болотные и болотные почвы. 3. В поймах рек формируются аллювиально-слоистые почвы различной степени задернованности.

Значительная часть земельных ресурсов рассматриваемой территории вовлечена в сельскохозяйственное производство. На распаханых землях в той или иной степени присутствуют аккумулятивно-эрозионные процессы [2]. Наибольшая скорость смыва поверхностных горизонтов проявляется в период весеннего снеготаяния, ливневых дождей и наводнений [3].

Характеристика земельных ресурсов бассейна Амура. Земельные ресурсы равнинных территорий рассматриваются, как объект для использования его в сельскохозяйственном производстве с целью получения растительной и животноводческой продукции. Общий сельскохозяйственный фонд равнинных почв, включая кластеры земель дальневосточного гектара составляет 29581,0 тыс. га. В составе общего земельного фонда имеются также неучтенные земли (садовые участки и др.). В структуре сельскохозяйственного фонда земель бассейна Амура наиболее значимы сельскохозяйственные угодья и пастбища (табл. 1).

Таблица 1

Структура сельскохозяйственного фонда земель бассейна Амура (тыс. га)

Территория	Сельхоз угодья			Эродированные	Заброшенные	Пастбища	
	Всего	пашня	*МР			Всего	Сенокосы
Приморский край	1174	730	299,6	260	57,7	410,0	241
Хабаровский край	315	135,5	96,9	162,9	178,3	10500	3011
Амурская область	1988	1305	296,5	601,1	596	6976	1996
ЕАО	268	97,5	100,2	47,0	44,9	49,0	21,8
Забайкальский край	1818	700,0	60,0	520,0	827,1	4379	1305,2
Российская часть	5563	2969	853,2	1591,0	1704	22314	6 575

*МР – мелиорированные и рекультивированные без разделения.

Земли сельскохозяйственных угодий включают в себя обрабатываемые пашни или заброшенные земли (выведенные из севооборота) и составляют около 20% от общего сельскохозяйственного фонда. Почвы, вовлекаемые в сельскохозяйственное производство для выращивания зерновых культур или овощей, за исключением черноземовидных, по своим природным свойствам являются малоплодородными. В большинстве случаев почвы нуждаются в процессах мелиорации или рекультивации. Использование земель под пашню интенсифицирует аккумулятивно-эрозионные процессы. Эрозионная деятельность, связанная с привнесом почвенного материала, проявляется и на заливных лугах при использовании их под пастбища [4].

Площадь земельных угодий, на которых возможно размещение пашни составляет 5,563 млн. га (20%). Однако, в настоящее время, пахотные угодья составляют всего лишь 2,969 млн. га (10%), наблюдается замещение их на тепличные угодья и замена пашни заброшенными землями. Нарушенные эрозией земли составляют 1491 тыс. га, из них пахотные земли - около 30 %. Наибольшее количество пашни находится в Амурской области - 1305 тыс. га, (табл. 1), на долю которых приходится 44% всех имеющихся пахотных земель в бассейне Амура. Второе место по этому показателю занимает Приморский край.

Сенокосы и пастбища в бассейне Амура занимают 22,314 млн. га, из них на заброшенные земли приходится 8%, залежные земли составляют 291,8 тыс. га. Площадь почв, подверженных эрозионным процессам, варьирует по различным районам от 1,7 до 13,6 %.

Факторы, контролирующие эрозионные процессы в почвах. Основными факторами проявления эрозионных процессов на исследованной территории кроме сельскохозяйственной деятельности являются вырубка лесов, лесные пожары, криогенез, большие уклоны поверхности и, соответственно, быстрый сток поверхностных вод, сильно разветвленная русловая система, переувлажненность почв, распашка почвы, дороги, интенсивные атмосферные осадки и дефляция. Средний ежегодный смыв почвенного материала с верхних горизонтов пахотных земель в различных почвах колеблется в пределах 0,6-2,1 т/га. В Российской Федерации средняя интенсивность эрозионного разрушения почв (смыва) в год составляет 4,4-11 т/га [5].

Эрозия в виде смыва или овражного размыва наиболее сильно проявляется на незадернованных, обезлесенных и распаханых землях. Ее потенциальная опасность в различных районах неоднозначна и зависит от совокупного воздействия климатических факторов и почвенно-растительного покрова. На проявление эрозионных процессов большое влияние оказывают дожди, снеготаяние и длительно-сезонная мерзлота. Так в Амурской области, на распаханых территориях зимой снег сносится ветром, почва оголяется и глубоко промерзает. Весной почва протаивает на глубину до 10 см. При быстром снеготаянии талые воды слабо впитываются в нижние горизонты и на открытой поверхности наблюдается большой поверхностный сток воды, который приводит к смыву плодородного слоя. Снос больших объемов поверхностного плодородного горизонта даже при небольших уклонах приводит к образованию смыто-намытых горизонтов и деградации почв. Значительная часть плодородного слоя поступает в водотоки, увеличивая мутность воды.

Существенную роль в развитии эрозионных явлений играют также процессы дефляции и плоскостной смыв при ливневом выпадении осадков. Эрозионная сила ветра особенно ярко проявляется на почвах с легким механическим составом. Осадки ослабляют ветровую эрозию, благодаря увлажнению почвы. Ветер оказывает влияние на развитие водной эрозии, перераспределяя снег по элементам рельефа, сдувая его со склонов и ровных поверхностей в балки, овраги и т. д.

Ветровой и водной эрозии в виде плоскостного смыва наиболее сильно подвержены пахотные черноземовидные, лугово-буроземные и карбонатные почвы Амурской области. Буроземные почвы Приморского края супесчаного механического состава также легко разрушаются под влиянием ветра. Дефляции способствует разрушение верхнего слоя луговых почв в долинах рек в результате выпаса скота.

Некоторые виды природопользования в южных районах Дальнего Востока остаются наиболее разрушительным фактором почв. Например при разработке месторождений полезных ископаемых и строительстве линейных объектов (нефте- и газопроводов, дорог и др.) механическое нарушение земель приводит к повреждению почвенного слоя, который восстанавливается крайне медленно. Механическая обработка почв в земледелии снижает ее оструктуренность и способствует интенсификации процессов ветровой и водной эрозии. Использование тяжелой сельскохозяйственной техники на глинистых почвах равнинных территорий уплотняет почвы и снижает их водопроницаемость, увеличивая плоскостной смыв и овражный размыв.

Заключение. Специфические природные условия в различных районах рассматриваемой территории и определенные виды хозяйственной деятельности неоднозначно влияют на интенсивность эрозионных процессов и деградацию почв. В бассейне Амура выделено 3 категории потенциально эрозионно-опасных земель: а) мелиорируемые земли и земли, используемые под пашню; б) земли, используемые под

выпас скота; в) земли горнопромышленного освоения. Организация и планирование территории для каждой категории земель должна осуществляться с учетом риска опасности эрозии и возможности проведения противоэрозионных мероприятий.

Земельная реформа 90-х годов способствовала целенаправленному изменению системы земельных отношений, а их регулирования - сокращению пахотных земель и интенсификации проявления эрозионных процессов в бассейне Амура. В результате это привело к существенному снижению качества почв рассматриваемой территории.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта ДВО РАН № 18-5-19.

Список литературы

1. Makhinova A.F., Makhinov A.N., Kuptsova V.A., Yermoshin V.V. Geochemical differentiation of soil in the Amur Basin (Russian Part) // Journal of Geochemical Exploration. Vol. 45. No. 6. 2013. P. 89-98.
2. География овражной эрозии. Под редакцией Е.Ф. Зориной. М.: изд-во МГУ, 2006 г. 324 с.
3. Голосов В. Н. Эрозионно-аккумулятивные процессы в речных бассейнах освоенных равнин. — М.: ГЕОС, 2006. — 296 с.
4. Белоцерковский М. Ю., Беркович К. М. и др. Экология эрозионно-русловых систем России / М.: Изд-во Моск. ун-та, 320 с.
5. Литвин Л.Ф. География эрозии почв сельскохозяйственных земель России. — М.: ИКЦ «Академкнига», 2002. — 255 с.

EROSION-ACCUMULATIVE PROCESSES OF TRANSBOUNDARY TERRITORY IN THE VALLEY OF AMUR: CAUSES AND EFFECTS

AF. Makhinova¹, AN. Makhinov²

*Russian Academy of Sciences Institute of Water and Environmental Problems,
Far East Branch, Khabarovsk, Russia*

e-mail: ¹makhinova@ivep.as.khb.ru; ²amakhinov@mail.ru

Abstract

Geographical conditions and anthropogenic activities in the Amur Valley have a decisive influence on the manifestation of erosion processes and soil degradation. Conditions and regularities of formation of the soil cover in the Amur basin are considered and the characteristics of the land resources of the territory are given. A high degree of influence of geographic and anthropogenic factors on erosion-accumulation processes, leading to intensive soil degradation, is revealed. The role of specific natural conditions in various regions of the territory under consideration is shown to affect the state of soils. New approaches and principles of land use zoning, which can be used to estimate the cadastral value of land, are proposed.

УДК 627.83

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ УЧКУРГАНСКОГО ГИДРОУЗЛА НА ЕГО БЕЗОПАСНОСТЬ

А. Махмудов, А.Н. Карабаев, А. Абдувосиев

*Андижанский филиал Ташкентского государственного аграрного университета,
г. Андижан, 170600, Узбекистан, e-mail: aqxl.karabaev@mail.ru*

Обеспечение безопасности сооружения даёт возможность:

- осуществить забор необходимого количества воды с целью обеспечения водой потребителей;
- предотвратить размыв грунта в нижнем бьефе;
- предотвратить аварийную ситуацию сооружения в целом;
- защитить окружающую среду от вредных воздействий воды.

Рассматриваемый гидроузел сооружений на реке Нарын расположен в северо-восточной части Ферганской котловины, на южной окраине селения Учкурган. Проект гидроузла разработан в 1962 году институтом «Узгипроводхоз» при Министерстве мелиорации и водного хозяйства Республики Узбекистан [1].

Гидроузел сооружений на реке Нарын предназначен: для гарантийного водозабора в каналы: Северный Ферганский канал (СФК) и Левобережный регулятор для пропитывания Большого Ферганского канала (БФК), а также для борьбы с поступлениями шуги и донных наносов в водозаборы. Щитовая бетонная плотина состоит из 12 пролетов по 10м, перекрываемых спаренными плоскими металлическими затворами.

Максимальный напор перед плотиной 5,18 м, рабочий – 3,41 м. Бычки приняты толщиной 2 м, с напорной стороны из условия спаренных затворов, а в пределах автоторожного моста – 1,5 м. маневрирование затворами плотины осуществляется со служебного мостика, под которым прокладывается линия связи электрокабели.

Основанием плотины и береговых примыканий створа является прочные грунты – конгломерат мощностью слоя более 40 м. [2,3].

Откос правой дамбы перед плотиной крепится сборными железобетонными плитами, а в нижнем бьефе крепится монолитным бетоном на длине 75 м.

Перед плотиной запроектирован понур длиной 11,5м, в нижнем бьефе предусмотрено укладка железобетонных плит размеров 1,5х1,5х0,3м, прикрывающие песчаные линзы внутри конгломерата от вскрытия, вследствие истирания конгломерата наносами или размыва.

В случае образования воронок размыва в нижнем бьефе плотины, за сборным креплением, последние забрасываются бетонитами Флутбет плотины и бычки от истирания насосами предусмотрена облицовка бетоном с повышенной прочностью.

Регулятор СФК расположен на правом берегу реки Нарын максимальный расход – 110 м³/с.

Водозаборный регулятор состоит из 6-ти пролетов по 4 метра, перекрываемых плоскими одиночными металлическими затворами. Максимальный напор перед регулятором составляет 6,02м, рабочий – 3,77м.

Бычки приняты толщиной 1,2м. Перед водосливом СФК с целью уменьшения поступления в канал донных наносов, устроен «Г» образный порог, высота и ширина которого равна – 1,2м.

Левобережный регулятор расположен на левом берегу реки Нарын, который предназначен для обеспечения забора воды в подпитывающий канал БФК и Хакулабадский объединитель. Суммарный водозабор составляет 230 м³/с.

Левобережный регулятор состоит из восьми двух ярусных отверстий. Ширина верхних отверстий в свету 2,5м, а высота отверстия 1,95м, ширина промежуточных бычков по 0,8м, ширина бычка по оси – 1,2. отметка порога верхних отверстий 482,00м.

Забор воды осуществляется через верхние отверстия, а донные промывные галереи служат для промывки наносов. Размеры донных галерей: ширина в свету 2,5м, а высота отверстия – 2,0м.

Отметка порога нижних отверстий 479,7м. Маневрирование всеми затворами гидроузла производится с диспетчерского пункта, а при необходимости и на местах расположения затворов индивидуально.

С вводом в эксплуатацию Большого Андиганского канала (БАК) забор в Левобережный регулятор увеличился со $120\text{ м}^3/\text{с}$ до $320\text{ м}^3/\text{с}$, в связи с этим эксплуатация сооружения претерпела изменению.

С увеличением забираемого расхода воды в Левобережный регулятор нижний ярус отверстий предназначенные для промывки донных наносов по проекту, в настоящее время используются как водозаборные пролеты. Суммарный водозабор в левобережный и правобережный регуляторы составляют $430\text{ м}^3/\text{с}$.

Гашение энергии падающей воды в нижнем бьефе Левобережного регулятора осуществляется гасителями расположенные в шахматном порядке в два ряда.

В проекте для гашения энергии воды был предусмотрен водобойный колодец. За вычетом потребления воды в регуляторы, в нижнем бьефе плотины расход реки Нарын при нормальных и чрезвычайных условиях эксплуатации соответственно равен: $1910\text{ м}^3/\text{с}$ и $2280\text{ м}^3/\text{с}$.

Приведенным расходам соответствуют отметки горизонта воды реки Нарын в нижнем бьефе плотины при: $1910\text{ м}^3/\text{с} - 3.06+481=484.06\text{ м}$. $2280\text{ м}^3/\text{с} - 3.34+481=484.34\text{ м}$ (см. график – кривая – II, $Q=f(H)$, [4].

В целях обеспечения водой Большого Андиганского канала (ввод эксплуатации в 1970 г.) как отмечено выше, в конструкцию Учкурганского гидроузла внесли изменения и забор воды вместо $230\text{ м}^3/\text{с}$ в 1962 году возросла до $430\text{ м}^3/\text{с}$, что способствовало к увеличению подвешенной площади Учкурганского гидроузла. Подвешенная площадь Учкурганского гидроузла в настоящее время составляет более 300 тыс. гектар.

Согласно КМК 2.06.01-97 таб. №3 с учетом подвешенной площади, Учкурганский гидроузел относится к 1- классу, а не к III-му классу как это было принято проектом в 1962 году.

С целью обеспечения устойчивости сооружения и проверки пропускной способности, нами были проведены гидрологические расчеты по многолетним максимальным расходам реки Нарын, начиная с 1910 года по данным гидропоста Учкурган.

Расчетная ежегодная вероятность превышения максимальных расходов воды, пропуск которых должен быть обеспечен в нормальных и чрезвычайных условиях эксплуатации устанавливается от класса капитальности сооружения.

При первом классе капитальности расчетная вероятность превышения максимальных расходов воды в проектах будет равна: для нормальных условий – 0,1 % обеспеченности; для чрезвычайных условий – 0,01 % обеспеченности.

За вычетом потребления воды в регуляторы ($430\text{ м}^3/\text{с}$) в нижнем бьефе плотины расход реки Нарын при 0,1 % и 0,01 % обеспеченности составляет $3438\text{ м}^3/\text{с}$ и $4149\text{ м}^3/\text{с}$ соответственно.

Отметки горизонтов воды в нижнем бьефе плотины при: - нормальных условиях эксплуатации – 484,9 м; в чрезвычайных условиях эксплуатации – 485,3 м.

Глубина воды, соответствующая нормальным и чрезвычайным условиям расхода, определялась по формуле (1):

$$Q = 187,07 H^{2,134} \quad (1)$$

Которая выведена нами на основе данных натуральных наблюдений проекта 1962 года.

На основании проведенных гидрологических расчетов с учетом проверки пропускной способности гидроузла нами была произведена нивелирная съемка поперечного сечения реки Нарын соответственно на 10,15 и 24 км от Учкурганского гидроузла вниз по течению. Исследования показали, что площадь затопляемых земель в нижнем бьефах гидроузла, попадающих в случае аварии сооружения, составляет 1960га. Зона затопления нижнего бьефа от гидроузла вниз по течению реки по длине составляет 28км и по ширине в среднем 150...200м по обеим берегам реки Нарын.

Наносимый ущерб народному хозяйству в денежном выражении составляет 13650 тыс. сумов.

Основные результаты оценки безопасности сооружений:

А) Пропускная способность сооружения при чрезвычайных условиях эксплуатации обеспечена:

а. 1. – из-за зарегулированности реки Нарын построением каскадов ГЭС и Токтогульского водохранилища:

а. 2. – из-за увеличения забираемого расхода с 230 м³/с до 440 м³/с

б) коэффициент устойчивости промежуточного бычка на сдвиг – $K_{сд.} = 1.62$, что больше допустимого коэффициента – $[K_{сд.}] = 1,1$;

в) коэффициент устойчивости берегового устоя плотины на опрокидывание равен 1.35, что больше допустимого – 1,1;

г) устойчивость флютбета плотины обеспечена в связи прочного грунта основания - конгломерата;

д) устойчивость нижнего бьефа плотины против размыва обеспечена из-за прочного грунта основания, прикрытого сборными железобетонными плитами размеров 1.5x1.5x0.3м;

е) устойчивость нижнего бьефа Левобережного регулятора против размыва обеспечена из – за гашения энергии падающей воды с помощью гасителей, установленных в шахматном порядке в два ряда;

ж) устойчивость нижнего бьефа правобережного регулятора обеспечена из – за расположения за водобоем быстротока которая сопряжена (с уклонов $i=0.0218$) с водобоем.

Список литературы:

1. Проект Учкурганского гидроузла на реке Нарын (институт Узгипроводхоз, Ташкент, 1962 г.)
2. Книга 6 – Гидрогеологические условия реки Нарын
3. Книга 7 – Инженерно – геологические условия.
4. Книга 1 – Пояснительная записка и расчеты

THE EFFECT OF CHANGES IN THE OPERATION OF THE UCHKURGAN HYDROBACK ON ITS SAFETY.

A. Makhmudov, A.N. Karabaev, A. Abduvosiev

*Andijan branch of Tashkent State Agrarian University,
Andijan, 170600, Uzbekistan, e-mail: aqxl.karabaev@mail.ru*

Abstract

The article describes the influence of operational factors on the safety of facilities in connection with a change in the design of the Uchkurgan hydroelectric station for the diversion of water to the left-bank regulator. The results of hydrological studies are presented to ensure the safety of the hydroelectric complex.

УДК 621.311

ВОПРОСЫ ЭКВИВАЛЕНТИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Т.Ф. Махмудов

*Ташкентский государственный технический университет,
г. Ташкент, 100095, Узбекистан, e-mail: tox-05@yandex.com*

Одним из наиболее важных вопросов для инженеров энергосистемы является устойчивость энергосистемы после малых или больших возмущений, которые часто возникают в любой энергосистеме. Обычно исследование устойчивости ограничено некоторой предопределенной областью, и детальное моделирование всей энергосистемы не требуется. Часть энергосистемы, которая не представляет интерес к изучению в течение периода исследования, может быть уменьшена до эквивалентной. Эквивалентная модель – это модель уменьшенного порядка всей системы, которая сохраняет важные характеристики системы. Динамическая эквивалентность – это процесс уменьшения сложности модели системы за счет исключения различных генераторов, нагрузок, шин и ответвлений.

При проведении анализа электромеханических переходных процессов, связанных с определением областей устойчивости, одним из наиболее важных вопросов является правильное эквивалентирование исходной системы. При этом требуется определить, к какому наиболее простому виду можно привести схему, чтобы не потерять при исследовании существенных явлений. Ни одна из существующих теорий эквивалентирования пока еще не даёт практического ответа на этот вопрос, хотя перспективные пути имеются, и эту задачу приходится решать в основном исходя из опыта расчётов и анализа экспериментальных данных, т.е. на основе инженерной интуиции.

Зачастую в практике эксплуатации и проектирования как у нас в стране, так и за рубежом в связи с широким внедрением ЭВМ наблюдается тенденция выполнять расчёты по все более и более сложным схемам, хотя это совершенно не оправдано увеличивает объём работы и делает трудно обозримыми их результаты. В связи с этим работы по эквивалентированию энергосистем для расчётов устойчивости требуется всемерно развивать [2].

Решение многих практических задач может быть существенно упрощено, если выполнить упрощающие преобразования схемы энергосистемы так, чтобы в расчётной схеме уменьшить количество генераторных станций и узлов нагрузки [3].

Преобразованная электрическая система может рассматриваться как эквивалентная исходной системе, но не во всех своих свойствах. С этой особенностью следует считаться при выполнении упрощающих преобразований, осуществляя их при возможно полном сохранении тех свойств системы, которые являются целью исследования.

Оценку возможных упрощений следует делать при составлении схемы замещения электрической системы. При этом надо решить, необходимо ли воспроизводить всю схему системы или достаточно воспроизвести подробно только ее часть, а другую часть упростить. Упрощения могут быть сделаны как весьма грубые, так и более точные. Так, например, при оценке устойчивости протяжённой электропередачи, связывающей станцию с мощной энергетической системой, в последней можно произвести грубые упрощения. К числу таких упрощений относится отбрасывание мелких станций и нагрузок, замена небольших станций и нагрузок одной эквивалентной станцией или нагрузкой, перенос нагрузок или станций в точку присоединения дру-

гой станции или нагрузки, разрыв слабых связей, объединение общими шинами пунктов, связанных короткими линиями и т.п. [3]

Первым этапом упрощения расчётной схемы является исключение второстепенных элементов схемы: мелких нагрузок, параллельных линий, некоторых замкнутых контуров и т.д. При этом осуществляется перенос мелких нагрузок в узловые точки схемы, преобразование пассивных элементов путем осуществления эквивалентных ее преобразований.

К числу элементарных преобразований электрических систем следует отнести операцию, получившую название переноса нагрузок. При задании нагрузок неизменными значениями мощностей перенос нагрузок является нестрогим преобразованием, которое тем не менее находит применение в тех случаях, когда это преобразование выполняется в условиях, обеспечивающих приемлемую погрешность [1].

Следующим этапом расчёта может явиться упрощение схем замещения станции, про котором генераторы приводятся к одному эквивалентному. При анализе устойчивости энергосистемы объединение генераторных станций в одну, которую условно можно назвать эквивалентной, должно осуществляться таким образом, чтобы изменения ее угла нагрузки наилучшим образом отразили движение группы объединяемых станций относительно остальных станций системы. Эта задача может быть решена, если в эквивалентную объединяются станции, относительные углы сдвига роторов которых остаются неизменными в течение всего расчётного интервала переходного процесса.

Условия, в которых ставится задача получения упрощённой схемы с эквивалентной станцией, могут быть разными: 1) режим преобразуемой подсистемы предварительно рассчитан, причём определены мощности объединяемых станций, их э.д.с. или напряжения по величине и фазе; 2) известны суммарные активная и реактивная мощности, отдаваемые станциями преобразуемой подсистемы в сеть, а также режим узлов и ветвей примыкания, заданный значениями активной и реактивной мощностей; 3) известны мощности в ветвях каждой из генераторных станций преобразуемой подсистемы [1].

Значение T_j эквивалентного генератора определяется по формуле:

$$T_j = \frac{\sum_{i=1}^n T_{ji} S_{ном i}}{\sum_{i=1}^n S_{ном i}}, \quad (1)$$

где $S_{ном i}$ - номинальная кажущаяся мощность i -го из объединяемых агрегатов.

Значение постоянной времени T'_{d0} эквивалентного генератора определяется по формуле:

$$T'_{d0} = \frac{\sum_{i=1}^n T'_{doi} S_{ном i}}{\sum_{i=1}^n S_{ном i}}. \quad (2)$$

Погрешность эквивалентирования тем меньше, чем ближе реальное движение объединяемых станций к идеально синфазному и, следовательно, находится в прямой связи с тем, насколько удачно выбрана группа станций для объединения. Для такого выбора рекомендуется пользоваться либо опытом эксплуатации, либо результатами ранее выполненных расчётов переходных процессов, либо, наконец, выполнить специальные расчёты режима объединяемых станций в условиях, которые позволят в той или иной мере оценить расхождение относительных углов. В простейшем случае предусматривается объединение станций с близкими значениями постоянных инерции и примерно равными значениями собственных проводимостей и вза-

имных проводимостей между ветвями объединяемых станции, а также между этими ветвями и ветвью, в которой предполагается расчётное короткое замыкание [3].

Объединению не подлежат станции, система автоматического регулирования которых может вызвать самораскачивание генераторов в исследуемых режимах системы. Опыт показывает, что самораскачивание в системах практически возможно при применении тех или иных систем сильного регулирования, поэтому станции, снабжённые такими регуляторами, должны учитываться в схеме замещения системы как самостоятельные элементы, не входящие и преобразуемые участки схемы.

Список литературы:

1. Жуков, Л.А., Стратан, И.П. Установившиеся режимы сложных электрических сетей и систем: Методы расчётов / Л.А. Жуков. –М.: Энергия, 1979. - 416с., ил.
2. Портной, М.Г., Рабинович, Р.С. Управление энергосистемами для обеспечения устойчивости / М.Г. Портной. -М.: Энергия, 1978. — 352, с ил.
3. РД 34.20.577. Методические указания по определению устойчивости энергосистем. Часть 1, утверждены Главтехуправлением СССР 24.03.77

EQUIVALENCE ISSUES FOR COMPLEX ELECTRICAL SYSTEMS

T.F. Makhmudov

*Tashkent State Technical University, Tashkent, 100095, Uzbekistan,
e-mail: tox-05@yandex.com*

Abstract

The paper presents the features of the equivalence of complex electrical systems when solving problems of transient analysis and stability. The conditions for combining several generating units are given, taking into account the relative shear angles of the rotors of synchronous machines. The expressions for determining the time constants of the equivalent generator are shown.

К ВОПРОСАМ ПОДКЛЮЧЕНИЯ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ К ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ СЕТЯМ

Т.Ф. Махмудов

*Ташкентский государственный технический университет,
г. Ташкент, 100095, Узбекистан, e-mail: tox-05@yandex.com*

Решая возникающие энергетические проблемы, становится важным дальнейшее развитие и внедрение систем возобновляемой энергетики, и тем самым обеспечить будущее устойчивое развитие отрасли. Ветровые и солнечные фотоэлектрические (PV) системы являются двумя из наиболее используемых видов возобновляемых источников энергии, мировая суммарная мощность которых растет быстрыми темпами, и в будущем ожидается еще большее ее увеличение за счет постоянного снижения цен. По своему принципу, механизмы генерации энергии ветра и работа фотоэлектрических систем различны: один из источников генерации снабжен вращающимися механизмами (механическими частями), которые преобразовывают механическую энергию в электрическую, а другой с твердотельными преобразователями, которые преобразуют энергию солнечного излучения в электрический ток. По сравнению с системами ветроэнергетики, фотоэлектрические системы характерны при использовании на более низком уровне мощности, но также наблюдается тенденция постепенной установки большего количества фотоэлектрических электростанций мощностью в сотни МВт.

Например, было подсчитано, что глобальная совокупная мощность фотоэлектрических систем в настоящее время составляет более 400 ГВт. Этот огромный рынок частично принадлежит европейским странам, таким как Германия, Испания и Италия, где имеются богатые солнечные ресурсы. Китай и Япония лидируют на рынке Азии с соответствующей общей установленной мощностью на 2016 год в 78 и 43 ГВт соответственно. Тем не менее, в связи с общей целью снижения стоимости энергии, а также повышения конкурентоспособности в большинстве стран, производство электроэнергии фотоэлектрическими системами потребует большей доли в самом ближайшем будущем. Недавние доклады ясно указывают на эту тенденцию, когда многие страны поставили амбициозные цели на следующие несколько десятилетий, чтобы внедрять фотоэлектрические системы с высокой степенью интеграции как часть своих систем возобновляемой энергетики. Например, Европейская комиссия разработала стратегию развития в области возобновляемых источников энергии на 2020 и 2030 годы, ожидается, что 12% европейского спроса на электроэнергию будет удовлетворяться за счет фотоэлектрических систем к 2020 году. Даже Дания, которая зимой имеет довольно ограниченное количество солнечного света, также меняет свою будущую структуру возобновляемой энергетики, и она нацелена на использование 100% возобновляемых источников энергии в виде электричества и отопления к 2035 году. Кроме того, Япония нацелена достичь 200 ГВт фотоэлектрической мощности к 2050 году. Таким образом, можно сделать вывод, что во всем мире все больше и больше ожидают производства энергии с помощью солнечных энергетических систем, хотя с этим также связаны сложные проблемы. Кроме того, солнечная фотоэлектрическая система также открывает возможности для повышения доступности электроэнергии в бедных или отдаленных районах, путем разработки автономных систем, где основное внимание уделяется дальнейшему снижению затрат [1].

Отрицательная сторона высокого уровня внедрения фотоэлектрических систем заключается в том, что это ставит сложные задачи перед операторами распределен-

ных систем и конечными потребителями. Более конкретно, доступность, качество и надежность всей электрической сети могут быть поставлены под сомнение, поскольку это делает электрические сети более децентрализованными, неконтролируемыми и разнородными. В то же время сетевые нормативы постоянно обновляются, чтобы улучшить интеграцию и обеспечить большую емкость фотоэлектрических систем в распределенных сетях. С другой стороны, это требует новой разработки не только передовых стратегий управления, но и инновационных конфигураций преобразователей, адаптированных для конкретных солнечных установок.

В настоящее время требования к сети применяются в основном к трехфазным системам, подключенным к сетям среднего и / или высокого напряжения с учетом устойчивости сети. Большая доля интеграции PV-систем может вызывать нестабильность всей сети, поскольку фотоэлектрические системы могут повышать мощность короткого замыкания. Поэтому важно оценить влияние фотоэлектрических систем на электрическую сеть, а не только рассмотреть трехфазные высокомоощные системы, таким образом, чтобы разработать передовые стратегии управления фотоэлектрическими системами. Для отдельного блока генерации энергии существуют определенные основные требования, связанные с выходной активной мощностью, регулированием частоты в зависимости от активной мощности, качеством энергии и стабильностью напряжения, которые также должны выполняться при подключении к сети.

Существуют различные возможности для преобразования солнечной фотоэлектрической энергии. На рис. 1 показана общая система преобразования мощности фотоэлектрических систем для установок, подключенных к сети. Поскольку напряжение фотоэлектрических генераторов несовместимо с нагрузкой по амплитуде и частоте, существует интерфейс между фотоэлектрическими генераторами (т.е. фотоэлектрическими панелями) и нагрузкой (например, сетью), как показано на рисунке 1. Эта стадия взаимодействия основана на силовой электронике. Преобразователь является одним из наиболее распространенных ограничивающих срок службы компонентов всей фотоэлектрической системы, кроме того он создает гармоники, которые следует учитывать при практическом применении [2].



Рис. 1. Общая структура подключенной к сети системы преобразования фотоэлектрической энергии, в которой блок «генератор» представляет собой фотоэлектрические панели, которые генерируют энергию на основе фотоэлектрического эффекта.

Во-первых, чтобы уменьшить влияние высоких гармоник из сопрягаемого силового преобразователя, в PV-системе используются пассивные фильтры высокого порядка, такие как LCL-фильтр, что является эффективным и выгодным решением. Что касается низших гармоник, то для их подавления следует применять усовершенствованные методы управления током. Кроме того, могут быть применены без трансформаторные инверторы, за счет их высокой эффективности, небольшого размера, малого веса и низкой цены. Кроме того, напряжения силовых преобразователей варьируются в зависимости от условий эксплуатации (например, метеорологических условий и напряжения сети). Тем не менее, вышесказанное указывает на то, что силовая электронная система преобразования является ядром фотоэлектрических си-

стем, и это требует передовых схем управления для удовлетворения строгих требований.

Список литературы:

1. С. Roselund, “Global PV module prices collapse,” PV-Mag. Available: <https://www.pv-magazine.com/2018/06/21/global-pv-module-prices-collapse/>.
2. Yongheng Yang, Katherine A. Kim, Frede Blaabjerg, Ariya Sangwongwanich Advances in Grid-Connected Photovoltaic Power Conversion Systems, 2019, Elsevier Ltd.

**TO THE ISSUES OF CONNECTING PHOTOVOLTAIC SYSTEMS
TO ELECTRICAL NETWORKS**

T.F. Makhmudov

*Tashkent State Technical University, Tashkent, 100095, Uzbekistan,
e-mail: tox-05@yandex.com*

Abstract

The paper presents prospects for further use and implementation of solar installations. The features of the integration of photovoltaic systems into the central electrical network and the problems arising from this are shown. The general block diagram of connecting a PV power plant to the network has been studied.

ТЕХНОГЕННЫЕ РИСКИ В КОМПЛЕКСНЫХ ПРОБЛЕМАХ БЕЗОПАСНОСТИ

Н.А. Махутов, Р.С. Ахметханов, М.М. Гаденин, Д.О. Резников, О.Н. Юдина
 Институт машиноведения РАН, Москва, 101990, Россия, e-mail: mibsts@mail.ru

Одним из ключевых критериев комплексной безопасности жизнедеятельности, вытекающих из анализа угроз жизнедеятельности и жизнеобеспечения, являются риски для данной стадии τ функционирования сложной социально-природно-техногенной системы (С-П-Т система) [1, 2]. Базовым условием и требованием обеспечения всех видов безопасности предлагается считать функционирование С-П-Т системы в области приемлемых рисков, зависящих от состояния этой системы и потенциальных возможностей человека, общества и государства проводить научно обоснованное снижение формирующихся в данный момент рисков до их приемлемого уровня [1-5].

Проблемы комплексной безопасности жизнедеятельности и жизнеобеспечения на нашей планете относятся к сложной социально-природно-техногенной системе, включающей взаимодействующие социальную (С), природную (П), техногенную (Т) сферы. В центре этой системы находится человек (Ч) и общество (С) в целом со своими законами развития и особенностями взаимосвязей с указанными сферами.

Для сложной С-П-Т системы (рис. 1) в качестве базовых количественных критериев безопасности для данного времени τ приняты риски $R(\tau)$, определяемые как функционал вероятностей $P(\tau)$ возникновения неблагоприятных опасных процессов и событий и сопутствующих им ущербов $U(\tau)$

$$R(\tau) = F_R \{P(\tau), U(\tau)\}. \quad (1)$$

С учетом накопленного опыта научного анализа параметров риска по выражению (1) величины $P(\tau)$ обычно задаются для интервалов времени τ , равных одному году, и тогда размерностью $P(\tau)$ является 1/год.

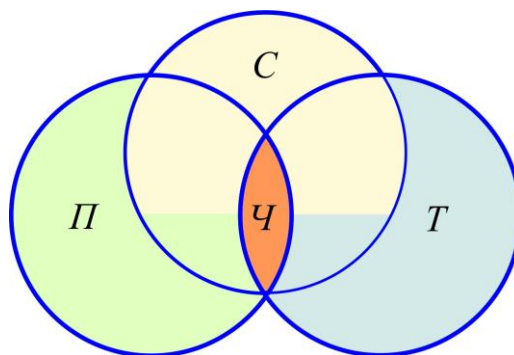


Рис. 1. Структура С-П-Т системы: С - социальная сфера, П - природная сфера, Т - техносфера, Ч - человек

Для ущербов $U(\tau)$ предлагается [1, 2, 6] использовать два основных показателя:

- социальные ущербы $U^c(\tau)$, связанные с числом потерь человеческих жизней или здоровья;
- экономические ущербы $U^э(\tau)$, связанные с экономическими потерями для всех компонентов С-П-Т системы (человек – природа – техносфера).

Промышленная безопасность в основном относится к техногенной сфере Т, экологическая – к сфере П (см. рис. 1); социальная сфера жизнедеятельности С характе-

ризуется безопасностью человека ($Ч$) и общества. Решение проблем комплексной безопасности в $C-P-T$ системе сводится преимущественно к обеспечению безопасности человека, общества и государства по параметрам индивидуальных, социальных рисков и рисков национальной безопасности.

Экологическая безопасность связана с медленно и быстро протекающими опасными процессами в природной ($П$), техногенной (T) и социальной (C) сферах. Они вызывают загрязнение воздуха, воды, почв, растительного и животного мира опасными (химически, биологически, радиационно) веществами, а также акустическими, тепловыми, электромагнитными и другими воздействиями [2, 7].

Крупнейшие техногенные катастрофы на атомных реакторах (США, СССР, Япония); на морских судах и платформах (США, Норвегия, Россия); на воздушных и космических летательных аппаратах (США, СССР, Россия, Корея); на уникальных инженерных сооружениях (США); на нефтегазохимических предприятиях (Индия, США, Россия) характеризовались гибелью десятков и сотен человек, увечьями и нарушением здоровья для десятков и сотен тысяч человек [1, 2, 4].

Первичные и вторичные экономические потери $U_3^1(\tau)$ от разрушения инженерных инфраструктур, техносферы, гибели и увечий людей и нарушения окружающей природной среды достигали величин в десятки и сотни миллиардов долларов.

В результате стихийных бедствий и крупных техногенных катастроф наносились огромные экономические ущербы $U_3^3(\tau)$, обусловленные нарушениями и повреждениями в окружающей природной среде:

- лесные и степные пожары сопровождалось уничтожением растительного и животного мира на обширных территориях, задымлением населенных пунктов и повышением концентрации продуктов сгорания в воздухе, гибелью людей;

- радиационные катастрофы на атомных электростанциях (ТМА – США, ЧАЭС – СССР, Фукусима – Япония) создавали резкое повышение радиоактивности в воздухе, почве и воде, приводя к гибели и заболеваниям людей, возникновению поражений у животного и растительного мира;

- катастрофы на морских платформах, океанских танкерах с нефтью, на магистральных нефтепродуктопроводах создавали обширные загрязнения акваторий, прибрежных зон, континентальных почв; негативные последствия этих катастроф усиливались возгораниями нефти и нефтепродуктов.

Суммарные экономические потери и ущербы $U_3^3(\tau)$ от указанных техногенных и экологических воздействий на $C-P-T$ систему достигали сотен миллионов и десятков миллиардов долларов. При этом комплексные проблемы безопасности, включающие проблемы промышленной и экологической безопасности, оказывались взаимосвязанными в рамках всей $C-P-T$ системы, а суммарные экономические ущербы

$$U_{эд}(\tau) = U_{эд}^{снт}(\tau) = U_{эд}^п(\tau) + U_{эд}^т(\tau) + U_{эд}^с(\tau) \quad (2)$$

для данного времени τ возникновения бедствий и катастроф в своей динамике (индекс «д» в выражении (2)) становились чрезмерно высокими.

Вероятности (частоты) $P_{эд}(\tau)$ таких событий, как показывает анализ отечественного и мирового опыта [10-13], находятся в пределах от $5 \cdot 10^{-2}$ до 10^{-1} 1/год.

С учетом выражения (1) экономические риски $R_{эд}(\tau)$ от вызванных природными бедствиями и техногенными катастрофами динамически протекающих воздействий для $C-P-T$ системы будут определяться выражениями

$$\begin{aligned} R_{эд}(\tau) &= F_R \{U_{эд}(\tau) \cdot P_{эд}(\tau)\}, \\ P_{эд}(\tau) &= F_P \{P_{эд}^п(\tau), P_{эд}^т(\tau), P_{эд}^с(\tau)\}. \end{aligned} \quad (3)$$

В России в течение двух-трех последних десятилетий риски $R_{эд}(\tau)$ достигали величин $3 \div 6\%$ от внутреннего валового продукта $V(\tau)$. Для крупных промышленно

развитых стран эти риски находились в пределах $1\div 6\%$ от $V(\tau)$. Для небольших стран они достигали величин $40\div 60\%$ от $V(\tau)$, означая национальные катастрофы.

Наряду с указанными экономическими и экологическими рисками, обусловленными динамически протекающими природными бедствиями и техногенными катастрофами, процесс развития как в нашей стране, так и за рубежом, сопряжен с медленно протекающими опасными воздействиями промышленных объектов, функционирующих в штатных условиях [2]. Эти воздействия (в отличие залповых выбросов при промышленных авариях и катастрофах) сопровождаются монотонным увеличением концентрации и дозы опасных веществ в *С-П-Т* системе в целом, и в природной среде, в частности. Такое монотонное увеличение во времени τ величин рисков $R_{эм}(\tau)$ в разных промышленных зонах описывается экспоненциальными или линейными законами

$$R_{эм}(\tau) = R_{эм}(\tau_0) \cdot \exp[K_M \cdot (\tau - \tau_0)], \quad (4)$$

где $R_{эм}(\tau_0)$ - экономический риск в начальный расчетный период τ_0 ,

K_M - безразмерный коэффициент, зависящий от промышленного объекта и параметров зоны воздействия ($0,01 \leq K_M \leq 0,05$).

С учетом выражений (1) – (4) суммарные экономические риски $R_{эс}(\tau)$ (рис. 2) от динамических $R_{эд}(\tau)$ и монотонных $R_{эм}(\tau)$ процессов воздействия на *С-П-Т* систему будут равны

$$R_{эс}(\tau) = R_{эд}(\tau) + R_{эм}(\tau). \quad (5)$$

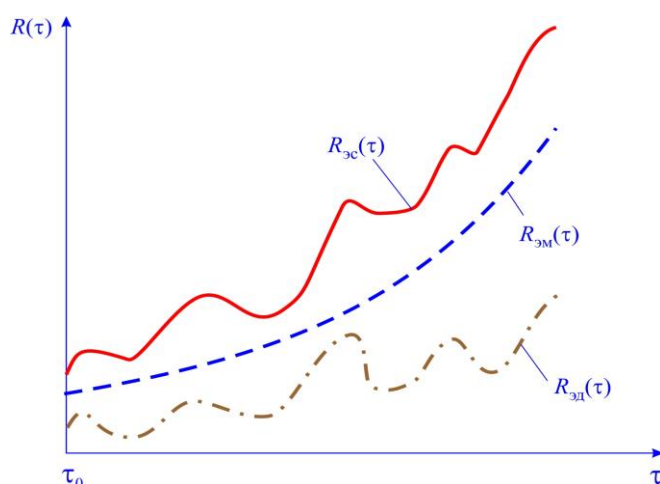


Рис. 2. Изменение во времени суммарных монотонных и динамических экономических рисков

Ключевым условием обеспечения национальной безопасности $S_n(\tau)$ с учетом [1-5, 6-10] является обеспечение функционирования и жизнедеятельности комплексной *С-П-Т* системы в условиях приемлемых стратегических социальных и экономических рисков $[R(\tau)]$, когда

$$S_n(\tau) = [R_c(\tau)] / R_c(\tau) \geq 1, \quad (6)$$

где $R_c(\tau)$ - суммарные стратегические риски, сформировавшиеся в момент τ , которые определяются научно обоснованными методами на основе выражений типа (1) – (4).

Приемлемые риски $[R_c(\tau)]$ устанавливаются государством на базе обобщений указанных выше критических, неприемлемых рисков $R_x(\tau)$

$$[R_c(\tau)] = \frac{R_k(\tau)}{n_R}, \quad (7)$$

где n_R – запас по рискам ($n_R \geq 1$).

Выражения (6), (7) можно использовать при анализе промышленной $S_{II}(\tau)$ и экологической $S_3(\tau)$ безопасности.

Если в качестве основного критерия социально-экономического развития использовать общепринятый внутренний валовой продукт $V(\tau)$ и темпы его ежегодного роста $\bar{V}(\tau)$ (в величинах руб./год), то для прогнозного времени $\tau > \tau_0 + \Delta\tau$, сопоставляемого с исходным τ_0 временем анализа и добавленным к нему текущем промежутком времени $\Delta\tau$, поэтапное увеличение $V(\tau)$ составит

$$V(\tau) = V(\tau_0) [1 + \bar{V}(\tau) \cdot \Delta\tau]. \quad (8)$$

Традиционно в выражении (8) возникающие риски развития $R_c(\tau)$ не учитываются, что обуславливает невозможность предупреждения и предотвращения целой серии неблагоприятных и опасных процессов и явлений [1-4, 8,10] в *С-П-Т* системе (опасностей, кризисов, вызовов, угроз, бедствий, аварий, катастроф).

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 18-08-00572_a).

Список литературы:

1. Безопасность России Правовые, социально-экономические и научно технические аспекты. Техногенная, технологическая и техносферная безопасность. М.: МГОФ «Знание», 2018. 1016 с.
2. Махутов Н.А. Безопасность и риски: системные исследования и разработки. Новосибирск: Наука, 2017. 724 с.
3. Рыбас А.Л., Махутов Н.А., Гаденин М.М., А.С.Печеркин, Надеин В.А. Научное обеспечение государственной политики в области промышленной безопасности // Безопасность труда в промышленности. 2018. №11. С. 7-14.
4. Махутов Н.А., Гаденин М.М. Экологическая безопасность и экологическое наследие в проблемах национальной безопасности. Экология и промышленность России. 2016. № 3. С. 47-51.
5. Стратегические риски России. Оценка и прогноз. Под общ. ред. Ю.Л. Воробьева. - М.: Деловой экспресс, 2005. - 385 с.
6. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно технические аспекты. Фундаментальные и прикладные проблемы комплексной безопасности. М.: МГОФ «Знание», 2017. 992 с.
7. Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций в Российской Федерации. Под общей редакцией С.К. Шойгу. - М.: ИПЦ «Дизайн. Информация. Картография», 2005. - 271 с.
8. Махутов Н.А., Макоско А.А., Гаденин М.М., Юдина О.Н. Научные основы анализа взаимоувязанных комплексных проблем национальной безопасности. Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. 2018. № 6. С. 3-15.
9. Проблемы прочности, техногенной безопасности и конструкционного материаловедения / Ред. Н.А. Махутов, Ю.Г. Матвиенко, А.Н. Романов. – М.: ЛЕНАНД, 2018. – 720 с.
10. Махутов Н.А., Гаденин М.М. Фундаментальные исследования проблем безопасной эксплуатации объектов техносферы на базе критериев прочности, ресурса и риска // Проблемы машиностроения и автоматизации. 2018. № 3. С. 7-

MAN-MADE RISKS IN COMPLEX PROBLEMS OF ENSURING SAFETY
N.A. Makhutov, R.S. Akhmetkhanov, M.M. Gadenin, D.O. Reznikov, O.N. Yudina
Mechanical Engineering Research Institute, Moscow, 101990, Russia,
e-mail: mibsts@mail.ru

Abstract

The problems of ensuring personal and social safety and life support are considered. Solution of these problems is based on the analysis of a complex socio-natural-manmade system that includes interacting social, natural and man-made spheres. Risks are taken as basic quantitative criteria of safety for this complex system. They are defined as the functional of probabilities of the occurrence of hazardous processes and events and the consequences triggered by them. Functioning of the considered socio-natural-manmade system in the area of acceptable risks is proposed to be considered as the basic condition and requirement for ensuring safety. At the same time it is necessary to carry out a scientifically justified reduction of these risks to allowable level that depends on the state of this system and the potential capabilities of a person, society and the state.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ АВАРИЙНОСТИ, РИСКОВ И ОТКАЗОВ НА СИСТЕМАХ ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ

О.Н. Медведева¹; А.Ю. Чиликин²

¹Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
г. Саратов, 410054, Россия, e-mail: medvedeva-on@mail.ru

²Газпром газораспределение Киров, г. Киров, 610035, Россия,
e-mail: chilikin.063@gmail.com

Целью работы является развитие научно-практических основ повышения безопасности эксплуатации систем газораспределения и газопотребления. Определенный интерес представляет анализ риска аварий распределительных газопроводов низкого давления, используемых для транспортировки газа различным категориям потребителей. Множество факторов, негативно влияющих на физическое состояние газопроводов, такие как: электрохимическая коррозия, дефекты сварных швов газопровода, отрицательные антропогенные и природные воздействия оказывают влияние как на частоту аварий, так и на общий срок эксплуатации системы [1].

Объектом исследования стал анализ данных об аварийности при эксплуатации газопроводов, газорегуляторных пунктов (установок), коммунально-бытовых объектов и внутридомового газового оборудования, представленный на сайте Ростехнадзора [2] и данных газовых хозяйств Саратовской и Кировской областей. Динамика инцидентов, происходящих в 2016-2017 годах на газовых сетях АО «Газпром газораспределение Саратовская область» отражена на диаграммах в сравнении с итогами 2015 года, что позволяет отследить объективные изменения состояния промышленной безопасности в филиалах (рис. 1, рис. 2).

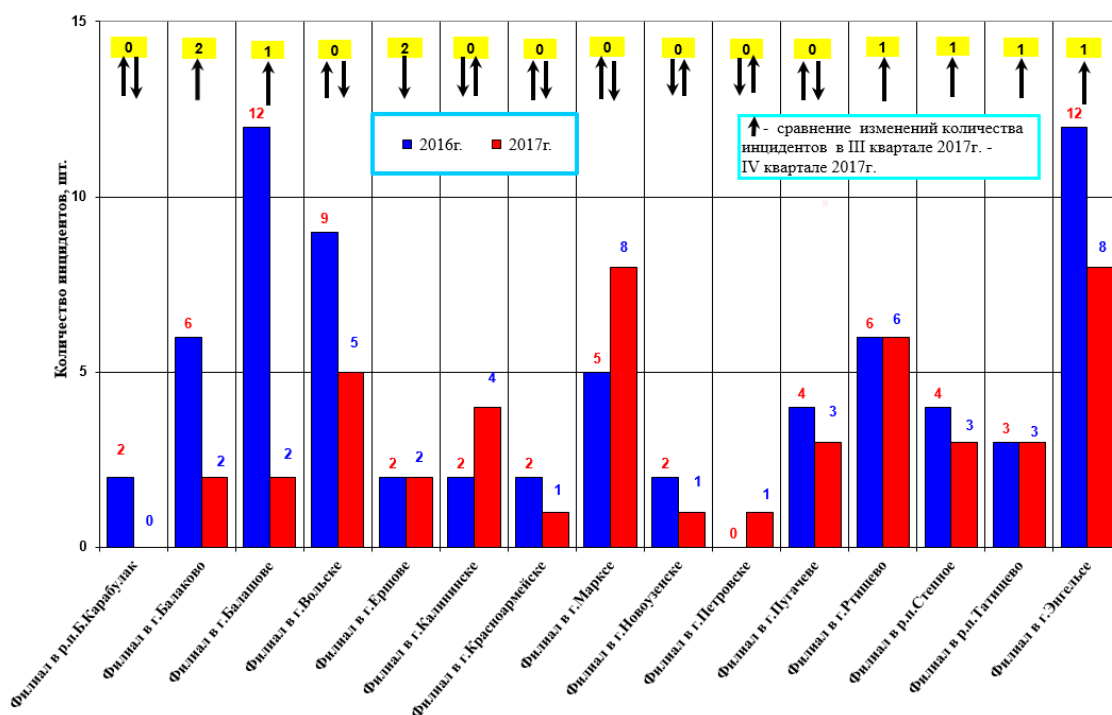


Рис. 1. Динамика инцидентов, произошедших за 2016 - 2017г.г.

Все аварийные ситуации можно условно разделить на следующие группы: природные явления; ошибки проектирования; повреждения при механическом воздействии; нарушение технологии строительного-монтажных работ. Помимо этого, источ-

никами повышенной опасности и причиной возникновения аварийных ситуаций могут стать газоиспользующее оборудование и арматура с истекшим сроком службы [2,3]. В 2013 году вступили в действие Правила пользования газом (Постановление Правительства РФ №410 от 14.05.2013), согласно которым является обязательным техническое диагностирование приборов и оборудования для обеспечения безопасности при использовании газового топлива. При этом гораздо эффективнее и экономичнее проводить своевременную замену морально и физически устаревшего оборудования.

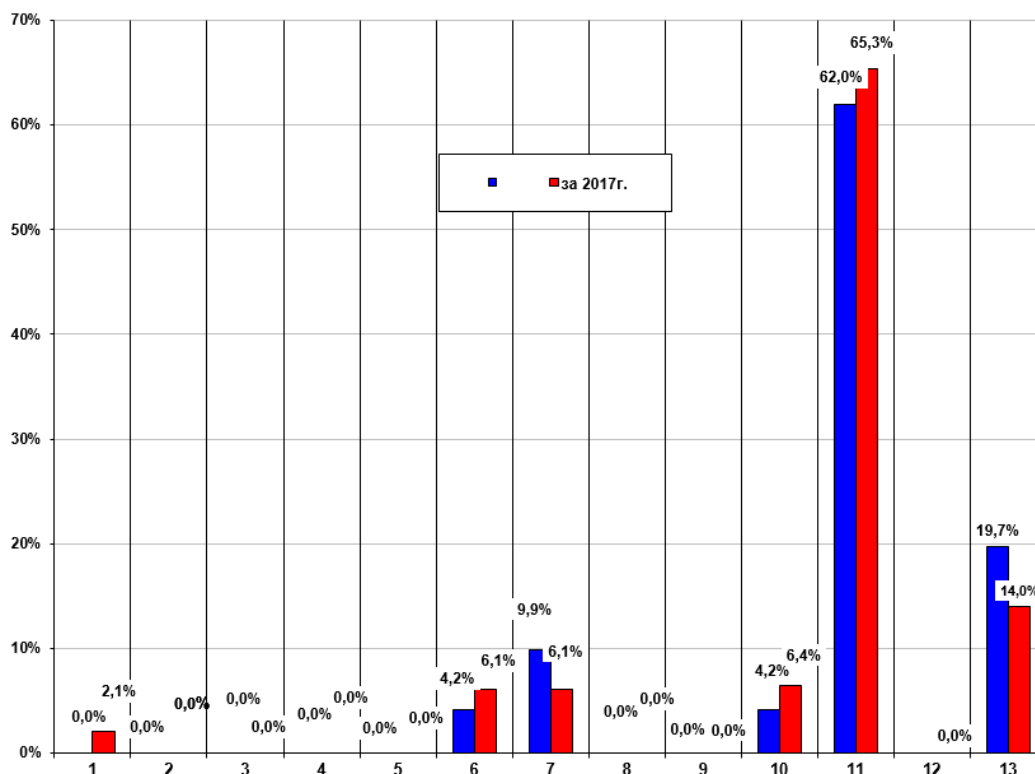


Рис. 2. Анализ инцидентов, произошедших за 2016 - 2017г.г.:

- 1 - мех. повреждения надземных газопроводов автотранспортом; 2 - коррозионные повреждения; 3 - стихийные явления (оползни, паводки, падения деревьев); 4 - отключение и повреждение газового оборудования и газопроводов неизвестными лицами и связанные с террористическими действиями; 5 - при понижении давления срабатывание ПЗК в ГРП; 6 - мех. повреждения подземных газопроводов при земляных работах сторонними организациями; 7 - пожары (неосторожное обращение с огнём, перекал печи); 8 - утечка газа (во фланцевом соединении, разрыв св. шва, микротрещина); 9 - образование гидратных пробок, обледенение оборудования; 10 - ВДГО (ОДГО); 11 - отравление угарным газом; 12 - повреждение газопровода ветхими строениями; 13 - прочие (не связанные с использованием газа)

Анализ инцидентов, произошедших на газовых сетях АО «Газпром газораспределение Саратовская область» за 2017 год, показывает, что за указанный период было зарегистрировано 49 аварийных ситуаций, из них - пожары и инциденты, связанные с использованием внутридомового газового оборудования и прочие инциденты, не связанные с использованием природного газа, составили 45 аварий (за 2016 год было зарегистрирован 71 инцидент).

На сетях газоснабжения максимальными по последствиям являются аварии, сопровождающиеся взрывом природного газа на газораспределительных станциях, пунктах редуцирования, распределительных газопроводах и котельных [4-6 и др.].

Большую часть среди дефектов сварных соединений занимают внутренние трещины, непровары (так называемые подповерхностные дефекты). Их обнаружение возможно только при использовании различных специализированных методов неразрушающего контроля. Дополнительные источники некомпенсированных напря-

жений в сварных швах создает применение элементов фасонных деталей, что вызывает образование и развитие новых микродефектов. Значительная доля повреждений приходится на дефекты эксплуатационного характера (утонение стенки газопровода из-за эрозионных и механических воздействий, задиры основного металла, вмятины, потеря герметичности резьбовых и фланцевых соединений, усталостные трещины и прочее).

Таблица 1

Основные типы дефектов, встречающиеся при диагностическом обследовании газораспределительных сетей

Тип дефекта	Значение, %
Внутренний дефект, по результатам УЗК	3,1
Недопустимое утонение стенки трубопроводов	11,6
Вмятины	1,2
Нарушения геометрии сварных соединений	0,8
Излом осей	2,3
Использование нестандартных элементов	0,4
Нарушение глубины прокладки трубопроводов	0,4
Перекас, разрушение опор	1,9
Отсутствие касания трубопровода и опор	10,4
Наличие электрического контакта с опорными конструкциями	46,3
Неудовлетворительное состояние изоляционного покрытия	0,8
Дефекты ЭХЗ	8,9
Несоответствие трассы	0,4
Негерметичность	7,7
Свищи	0,4
Поры	0,4
Подрезы	2,3
Прочее	0,8

Основными механизмами повреждения подземных газопроводов являются различные типы коррозии (рис. 3).



Рис. 3. Коррозия газопровода (г. Киров, ул. Некрасова)

Основываясь на проведенном анализе, можно сделать вывод, что для предупреждения возникновения аварийных ситуаций, а также снижения их последствий, необходимо:

– строгое соблюдение требований нормативных документов и приказов Ростехнадзора, контроль выполнения правил технической эксплуатации, строгое соблюдение требований техники безопасности;

- качественное строительство объектов согласно проектной документации;
- использование ресурсо- и энергосберегающих технологий и материалов для обеспечения бесперебойной работы и надежной эксплуатации газового комплекса;
- своевременное проведение работ по выявлению дефектов оборудования и материалов, их ремонт или замена;
- качественное выполнение аварийно-ремонтных и восстановительных работ.

Использование системного подхода и причинно-следственных связей при учёте и анализе аварийности в газовом хозяйстве позволяет научно обосновать методы безопасной эксплуатации, диагностики и контроля состояния объектов газового комплекса, разработать подходы к решению ряда важных задач: повышение безопасности систем на стадии проектирования и эксплуатации; оценка опасности утечек газа; определение объемов выбросов газа; определение технических рисков функционирования системы газораспределения, определяющийся вероятностью и градация по последствиям определенного уровня; оценка риска аварии на основании результатов приборного технического обследования распределительных газопроводов; определение срока продления эксплуатации системы в состоянии, отвечающем заданным показателям технической надёжности и безопасности, на основании экономических показателей затрат на дальнейшую эксплуатацию и др.

Список литературы:

1. Фастов Л.М., Медведева О.Н. Надежность систем газоснабжения: монография. Саратов: СГТУ, 2012. 148 с.
2. Надзор за объектами нефтегазового комплекса [Электронный ресурс] // Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору.
3. URL: <http://www.gosnadzor.ru/industrial/oil/lessons/> (дата обращения: 14.04.2019)
4. Белоусенко И.В., Ковалев А.П., Лехтман И.И. Влияние надёжности оборудования газораспределительных пунктов на взрывобезопасность газифицированных объектов // Промышленная энергетика. 2011. №11. С. 48-54.
5. Бодэ И. Опыт ремонта газовых вводов в газораспределительных организациях Латвии//Научно-технические проблемы совершенствования и развития систем газоэнергоснабжения. 2018. Т.1. №6. С. 7-13.
6. Ильин В.И., Кузовлева Я.И., Плотникова М.И. Анализ аварийности на объектах газораспределительных организаций // Газовая промышленность. 2016. № 3 (742). С. 82-83.
7. Башкин В.Н., Галиулин Р.В., Галиулина Р.А. Аварийные выбросы природного газа: проблемы и пути их решения // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2010. № 8. С. 4-11.

FORECASTING EMERGENCY, RISKS AND FAILURES IN THE OPERATION OF GAS SUPPLY SYSTEMS

O.N. Medvedeva¹; A.Yu. Chilikin²

¹*Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Saratov, 410054, Russia*

²*Corp. «Gazprom Gazoraspredelenie Kirov», Kirov, 610035, Russia*

Abstract

The aim of the work is the development of scientific and practical bases for improving the safety of gas distribution systems and gas consumption. Of particular interest is the analysis of the risk of accidents of low-pressure distribution gas pipelines used to transport gas to various categories of consumers. Many factors that adversely affect the physical state of gas pipelines, such as: electrochemical corrosion, defects in gas-line welded joints, negative anthropogenic and natural effects, affect both the frequency of accidents and the overall life of the system.

УДК 543.31:(546.81:628.1.033)

ХИМИЧЕСКИЙ РИСК СВИНЦА НА ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА

М.Д. Меджидов, А.Г. Ахмедова¹, И.И. Мустафаев²

*Азербайджанский Архитектурно Строительный Университет,
г. Баку, Az-1073, Азербайджан, e-mail: ¹aytenaxmedova@mail.ru, ²imustafaev@mail.ru*

Свинец – это ядовитый металл, который может быть обнаружен в лакокрасочной продукции при намеренном добавлении некоторыми производителями для определенных целей к краске, например, в сочетании с одним или несколькими соединениями свинца. Когда соединения свинца используются в качестве ингредиента при производстве красителя, получающийся в результате краситель считается «краска содержащая свинец».

В начале 1970-х и 1980-х годов страны с наиболее высоким уровнем развития промышленности приняли законы или нормативные акты, регулирующие содержание свинца в декоративных красителях, используемых в интерьерах и экстерьерах домов, школ и коммерческих зданий.

Во многих странах также определены меры по контролю соединения свинца в других лакокрасочных красках, которые могут быть использованы в красочных работах, влияющие на людей.

Сбор данных о красителях содержащих свинец в странах с переходной экономикой и в развивающихся странах был начат рядом университетских групп и неправительственных организаций (НПО) с начала 1999 года. С 2007 года все больше НПО занимаются проверкой красителей после серии резонансных новостей в международных средствах массовой информации, пропагандирующих износ игрушек из Азии, Северной Америки и Европы [1].

IPEN - это глобальная сеть из 700 неправительственных организаций, действующих в 116 странах для защиты людей и окружающей среды от токсичных химических веществ.

С 2007 года сеть IPEN анализирует декоративные красители, которые продаются более чем в тридцати странах с переходной экономикой.

Соединения свинца в количестве 90-600 ppm были обнаружены в большинстве добытых декоративных красителях, продаваемых на рынках в тех странах, где проводился этот анализ, и не было найдено ни закона, ни нормативного акта, запрещающего использование комбинаций свинца.

Если производитель преднамеренно не использует соединения свинца в краске то его содержание в краске очень низкое - обычно менее 90 ppm. Если производитель краски сосредоточится на выборе не свинцовых веществ в качестве добавки, содержание свинца в краске часто будет составлять менее 10 ppm. IPEN рекомендует 90 ppm в качестве возможной и защитной мишени для свинцовой композиции мира на планете.

Когда производитель краски намеренно добавляет один или несколько компонентов свинца в краситель для определенных целей, то в этих красителях присутствует свинец. Если один или несколько красителей загрязнены свинцом, значит краска содержит свинец.

Наиболее часто используемые свинцовые ингредиенты в красках - это пигменты.

Пигменты придают цвет, прозрачность краске, используется для защиты краски от повреждений, вызванных солнечным светом. Свинцовые ингредиенты, используемые в качестве большинства красящих пигментов, включают хроматы свинца, оксиды свинца, молибдаты свинца, сульфаты свинца и др.

Не свинцовые пигменты и антикоррозийные вещества широко использовались в течение десятилетий и использовались производителями для производства высококачественных красок. Кроме того, с легкостью можно отказаться от веществ с очень высокой дозой свинцовых красителей. Для этой цели разработчики, производители, поставщики и пользователи красителей должны обратить внимание на тот факт, что материалы на основе почвы могут в некоторых случаях могут содержать свинец и использовать соответствующие процедуры контроля качества, чтобы предотвратить использование таких ингредиентов.

Правительства могут решить проблему свинца в красителях, создав правовые механизмы для контроля за производством, импортом, продажей и использованием декоративных красителей, которые могут вызвать отравление людей [2,4].

Юридические механизмы, используемые для контроля свинцовых красителей, варьируются от страны к стране.

На самом деле, с 1980-х годов во всех высокоразвитых индустриальных странах существуют законы, регулирующие количество свинца в декоративных красителях. В 2008 году Конгресс США принял закон в ответ на увеличение случаев влияния свинца на детей, и этот закон был подписан президентом. Согласно этому закону, максимальное количество свинца в декоративных красителях было уменьшено до 90 ppm, с максимального предела 600ppm который использовался ранее. После этого аналогичный лимит был установлен в Канаде, а в 2009 году Европейский союз ввел новые очень серьезные меры контроля за производством и использованием свинцовых пигментов [3].

Исследования наличие свинца в красках, продаваемых на рынках Азербайджана проводились Экологическим Обществом «Рузгяр», результаты которых приведены в таблице 1 [5].

Таблица 1

Результаты анализа на наличие свинца в красках закупленных в Азербайджане

Номер образца	Название бренда	Цвет краски	Частицы свинца (сухой вес)	Страна бренда	Страна производитель	Есть ли информация о содержании свинца в краске?
AZB-01	Vavilon	белый	2,000	Германия	Азербайджан	Нет
AZB-01-01	Sobsan	красный	4,800	Азербайджан	Азербайджан	Нет
AZB-01-02	Best	белый	1,400	Германия	Азербайджан	Нет
AZB-02	Alkim	белый	480	Азербайджан	Азербайджан	Нет
AZB-02-01	Milberь	белый	2,200	Германия	Азербайджан	Нет
AZB-02-02	Yarko	белый	550	Россия	Россия	Нет
AZB-03	Best	синий	1,100	Германия	Азербайджан	Нет
AZB-03-01	Best	черный	1,000	Германия	Азербайджан	Нет
AZB-03-02	Polisan	красный	2,300	Турция	Турция	Нет
AZB-04	Yarko	кофейный	<5	Россия	Россия	Нет
AZB-04-01	Ekol	красный	6,800	Азербайджан	Азербайджан	Нет
AZB-04-02	FAB	белый	4,000	Азербайджан	Азербайджан	Нет
AZB-05	Alkim	красный	1,300	Азербайджан	Азербайджан	Нет
AZB-05-01	Binder	белый	930	Азербайджан	Азербайджан	Нет
AZB-05-02	Antipas	красный	12,000	Азербайджан	Азербайджан	Нет
AZB-06	Best	желтый	20,000	Германия	Азербайджан	Нет
AZB-06-01	Tonex	красный	1,400	Азербайджан	Азербайджан	Нет
AZB-06-02	Antipas	серый	770	Азербайджан	Азербайджан	Нет
AZB-07	FAB	кофейный	2,000	Германия	Азербайджан	Нет
AZB-07-01	Betek	белый	24	Турция	Турция	Нет
AZB-07-02	Betek	кофейный	37	Турция	Турция	Нет
AZB-08	Best	белый	16	Азербайджан	Азербайджан	Нет
AZB-08-01	Palitaluxe	красный	3,000	Германия	Азербайджан	Нет

Номер образца	Название бренда	Цвет краски	Частицы свинца (сухой вес)	Страна бренда	Страна производитель	Есть ли информация о содержании свинца в краске?
AZB-08-02	Naturel	белый	450	Азербайджан	Азербайджан	Нет
AZB-09	Betek	белый	41	Турция	Турция	Нет
AZB-09-01	Best	кофейный	1,400	Германия	Азербайджан	Нет
AZB-09-02	Atlantic	красный	2,700	Турция	Турция	Нет
AZB-10	Yarko	красный	18	Россия	Россия	Нет
AZB-10-01	Best	серый	20	Германия	Азербайджан	Нет
AZB-10-02	Best	зеленый	4,500	Германия	Азербайджан	Нет

Как видно из таблицы более 70% красок содержит свинец выше допустимой нормы.

При организации программы сертификации и маркировки можно поддержать удаление свинцовых красителей с помощью добровольных промышленных планов. В рамках такой программы лакокрасочные компании, которые согласны с Программой, соглашаются не добавлять соединения свинца в производимые ими красители и обеспечивать достаточные меры контроля качества, чтобы не использовать максимально допустимое содержание свинца. (90 ppm).

Декоративные красители могут быть получены, не используя свинцовых пигментов, свинцовых сушилок, коррозионноустойчивых ингредиентов или любых других красителей, которые, по существу, не содержат свинца.

При необходимости производители могут изменить методы производства декоративной краски, отказавшись от ингредиентов, содержащихся в композиции, без причинения какого-либо значительного ущерба качеству краски и минимизировав общие производственные затраты.

Список литературы:

1. Clark, C.S., et al., Lead levels in new enamel household paints from Asia, Africa and South America. *Environmental Research*, 2009. 109(7): p. 930-936
2. Корбанова А. И., Сорокина Н. С., Молодкина Н. Н. и соавт. Свинец и его действие на организм. / *Мед. труда и пром. экология*. 2001, № 5.
3. Ливанов П. А., Соболев М. Б., Ревич Б. А. Свинцовая опасность и здоровье населения. / *Рос. Сем. Врач*. 1999, № 2.
4. Mielke, H.W. and S. Zahran, The urban rise and fall of air lead (Pb) and the latent surge and retreat of societal violence. *Environment International*, 2012. 43: p. 48-55.
5. Mustafayev I.I. Report on lead in household paints in Azerbaijan-2013

CHEMICAL RISK OF LEAD ON HUMAN HEALTH

M.D. Medjidov, A.H. Akhmedova¹, I.I. Mustafayev²

Azerbaijan University of Architecture and Construction, Baku, Az-1073, Azerbaijan

e-mail: ¹aytenaxmedova@mail.ru, ²imustafayev@mail.ru

Abstract

The article provides information that lead compounds are used as an ingredient in dye production. Lead compounds in the amount of 90-600 ppm were found in most of the extracted decorative paint sold on the markets in those countries where the analysis was carried out. Solving the problem of lead in paint is possible by creating legal mechanisms to control the production, import, sale and use of decorative paint that can cause people to become poisoned.

**ОТ ЯДЕРНО-ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТА "ДНЕПР" –
К ЛИКВИДАЦИИ СКЛАДИРУЕМЫХ КРУПНОТОННАЖНЫХ
ПОЛИКОМПОНЕНТНЫХ ХВОСТОВ ОБОГАЩЕНИЯ
РЕДКОМЕТАЛЬНО-ГЛИНОЗЕМНО-ФОСФАТНЫХ РУД В ХИБИНАХ**

Г.Б. Мелентьев

*Объединенный институт высоких температур (ОИВТ) РАН,
Москва, 125412, Россия, e-mail: melent_gb@mail.ru*

В настоящее время представляется уместным и целесообразным с новых позиций оценить инициативы советской фундаментальной и прикладной науки в подготовке ядерно-геотехнологического проекта разработки глубоких горизонтов уникальных месторождений апатито-нефелинового сырья в Хибинах с использованием физико-химических методов и современной российской – в использовании этих же методов в решении актуальных задач комплексной переработки и, тем самым, ликвидации накопленных отходов (порядка 1 млрд. т) хвостов обогащения этих руд, складированных в непосредственной близости от г. Апатиты и акваторий р. Белой и оз. Имандра.

Апатито-нефелиновые руды Хибин – уникальное редкометально-глиноземно-фосфатное сырье: минеральные концентраты и химические компоненты

Исходные руды содержат (в %) апатит (27-50), нефелин (35-43), эгирин (6-10), титаномагнетит (0,9-12), сфен (1-2). Производственные отходы (хвосты обогащения) ОАО "Апатит" корпорации ФосАгро отличаются от исходного высококомплексного сырья незначительным содержанием извлеченного апатита при ведущей роли нефелина (50-60%), который является главным породо- и рудообразующим минералом природного и техногенного хибинского сырья.

В советское время ежегодная добыча и переработка апатито-нефелиновых руд достигла 50 млн. т при выпуске апатитового концентрата как профилирующей товарной продукции – 19 млн. т; в настоящее время производственные мощности снизились до 27-30 млн. т руды и 8-9 млн. т апатита в год. В хвостохранилищах ОАО «Апатит» к началу 2000-х годов было накоплено свыше 725 млн. т отходов обогащения, в которых содержится более 400 млн. т нефелина (с калиевым полевым шпатом), 40 млн. т апатита, 20 млн. т сфена и 16 млн. т титаномагнетита с ильменитом. При этом хибинские нефелиновые концентраты содержат технологически извлекаемые галлий (34 г/т), рубидий (165 г/т) и цезий, апатитовые – стронций (10 кг/т), редкие земли (30 кг/т) и фтор (30 кг/т), титаномагнетитовые – порядка 1 кг/т ванадия и сфеновые – 3 кг/т ниобия и 200 г/т тантала. За счет ежегодного поступления в советское время в хвостохранилища 500 тыс. т титаномагнетита и 200 тыс. т сфена накопление связанного с ними титана достигало 400 тыс. т, что составляло более 50% извлекаемой ценности исходного сырья без учета редких металлов [1].

Как известно, с запасами апатита в хибинских месторождениях связаны Государственные балансовые запасы стронция (99,8%), РЗМ (40,5%) и фтора (82,4%), а также титана и других редких металлов, утвержденные ГКЗ СССР и подтвержденные в 2000 г. ГКЗ РФ. Доля редких металлов и титана в извлекаемой ценности хибинского сырья достигает 70%. Тем не менее, преимущественно монопродуктовый характер производственной деятельности ОАО "Апатит" холдинга ФосАгро сохраняется. Более того, продолжается ежегодное списание с Госбаланса запасов сопутствующих особо ценных металлов: в 2014 г. списано 362 тыс. т TiO₂, ежегодно – 80 тыс. т РЗМ при финансировании в 2013-2018 гг. специальной Государственной подпрограммы №15 создания отечественных редкоземельных производств импортоза-

мещения. Приведенные данные о высококомплексном характере хибинского фосфатного сырья убедительно свидетельствуют о необходимости его оценки в современных условиях в качестве редкометалльно-глиноземно-фосфатного редкоземельного "Клондайка".

С появлением в Хибинах второго недропользователя – СЗФК холдинга "Акрон" очевидно, что все перспективы и риски эксплуатации месторождения "Олений ручей", особенно при замене с 2019 г. открытой добычи подземной, корреспондируются и на это новое производство, профилированное на выпуск апатита с начатым получением химического концентрата РЗМ из промпродуктов передельного завода в В. Новгороде.

Резервные месторождения ОАО "СЗФК" на северном фланге Хибинской «дуги» значительно беднее апатитом, но аномально обогащены сфеном (Партомчорр, Ляво-чорр-Валепахк – до 10-15%), другими минералами титана и, по-видимому, ассоциирующими с ними редкими металлами, причем характеризуются более сложными горно-геологическими условиями эксплуатации.

Ежегодное накопление сфена в отходах обогащения ОАО "Апатит" составляло 200 тыс. т, а его суммарное накопленное количество в хвостохранилищах достигает 20 млн. т. В сфене наряду с 38% TiO_2 , содержится 0,026% Ta_2O_5 , 0,38% Nb_2O_5 , 0,5-0,7% TR_2O_3 . Это позволяет ориентировочно рассчитывать на возможности получение из 1 млн. т сфена порядка 110 тыс. т пигментного титана и попутно (при условии 50%-го извлечения) более 100 т тантала, т.е. почти половину его производства в СССР, более 1000 т ниобия, 2-3 тыс. т редких земель, а также стронций. Очевидно, что организация передельных производств минеральных концентратов на месте и извлечение из них особо ценной химико-металлургической продукции должно оцениваться в качестве радикальной компенсационной меры неизбежного роста издержек производства в условиях естественного ухудшения качества фосфатного сырья по мере углубления горной добычи или ввода в эксплуатацию фланговых хибинских месторождений, которые в недавнем прошлом рассматривались в качестве резервных, более бедных и сложных для разработки рудных объектов.

Однако, наиболее рациональным вариантом сохранения достигнутых уровней рентабельности и повышения эффективности производств ОАО "Апатит" и СЗФК в обозримом будущем представляется увеличение выпуска нефелинового концентрата и объемов его переработки с получением и реализацией широкого ассортимента товарной продукции (более 20 видов) в соответствии с существующим или формируемым потребительским спросом (табл. 1). В настоящее время ОАО "Апатит" выпускает нефелиновые концентраты 2-х марок: "Глиноземный" (28,5% Al_2O_3) и "Алюмосиликатный" (26-28,5% Al_2O_3). При этом пониженное содержание алюминия лимитирует использование нефелинового концентрата в производстве глинозема, повышенное содержание калия (за счет примеси к.п.ш.) – благоприятно для получения поташа, других солей калия и редких металлов, а железа (с Ti, Mg, Ca) – ограничивает использование нефелина в стекольных и керамических производствах. Принципиально новым направлением использования нефелина, ранее внедренным ИХТРЭМС КНЦ РАН на ОАО "Апатит" в целях сгущения пульпы и очистки промстоков алюмокремниевым реагентом АККФ [2], является производство и применение флокулянтов-коагулянтов. В ОИВТ РАН в настоящее время разрабатываются системы абонентного обслуживания предприятий и селитебно-промышленных районов алюмосиликатным реагентом РНК-АСР для очистки сточных и природных вод, включая фильтраты свалок и питьевое водоснабжение [3, 4]. Не меньший практический интерес представляют инновационные технологические разработки с использованием компонентов нефелина для производств взрывчатых веществ и силикагелей с различными потребительскими свойствами.

Направления использования нефелина (по А.Е. Ферсману, 1932 г.)

Нефелин как промышленный минерал	Нефелин как источник глинозема	Нефелин как источник кремнезема
<i>Стекло</i>	<i>Металлургический алюминий</i>	<i>Портландцемент</i>
<i>Керамика</i>	Хлористый алюминий	Кожа
Эмаль	Абразивы	Резина
<i>Сода</i>	<i>Коагулянты-флокулянты</i>	Борьба с синевой древесины
<i>Поташ</i>	Квасцы	Пропитка дерева
Жидкое стекло	Водоупорность в текстильном деле	<i>Силикагель</i>
Бумага	Протрава в текстильном деле	Пропитка почв
Ультрамарин		Дорожное дело
Неокаолин		
Нефелинирование почв		

Роль нефелина и его компонентов в извлекаемой и промышленной ценности редкометалльно-глиноземно-фосфатного хибинского сырья

Обоснованием и продвижением проекта обеспечения страны на длительную перспективу глиноземом и алюминием за счет вовлечения в промышленное использование практически неограниченных запасов хибинского нефелина на базе действующего ПО «Апатит» занималась специальная Правительственная комиссия, которая объединяла специалистов бывшего Минхимпрома СССР, отраслевой и академической науки. Примечательно, что даже главный оппонент этой идеи Министра цветной металлургии П.Ф. Ломако форсировал строительство крупнейшего в стране Ачинского глиноземного комбината ("АГК") в Красноярском крае на местном нефелиновом сырье, расчищая строительную площадку ... танками (Цветная металлургия, № 5, 1976 г., с. 1-12). Разработчикам нефелинового проекта в 1981 г. была присуждена премия Совета Министров СССР «за научные исследования геологических, технологических и экономических проблем промышленного освоения бедных апатитовых руд Хибинского апатитоносного массива, разработку и внедрение в производство технологии их добычи и обогащения». Этот проект из-за сложившейся в стране неблагоприятной ситуации «переходного периода», остался не реализованным. Однако, актуальность его реанимирования и развития в том или ином варианте сохраняется.

Следует заметить, что в условиях "переходного периода" возникали инициативы увеличения объемов добычи и переработки хибинского нефелина на глинозем с сопутствующими продуктами как с позиций ОАО "Апатит", так и в связи со сложившимся в стране дефицитом производства алюминия из бокситового сырья. Наиболее наглядно преимущества нефелинового сырья относительно бокситового в производстве глинозема были обоснованы с технико-экономических позиций руководством корпорации ФосАгро: расчетная стоимость товарной продукции из нефелина в 3 раза превышает получаемую из бокситов (Волков М.В., Левин Б.В. в ж. Агрохимия, август 2005 г.). "Ахиллесовой пятой" в принятой технологии переработки хибинского нефелина спеканием с известняком, которого нет в Кольском регионе, является затратность этого метода сравнительно с переработкой богатых бокситов методом Байера [5].

В качестве альтернативных технологий специалистами ИХТРЭМС КНЦ РАН и ГИГХС`а Минхимпром`а СССР были разработаны и рекомендованы кислотные методы, среди которых наиболее эффективным признан азотнокислотный.

Решение рассматриваемых проблем ОАО "Апатит" и других недропользовате-

лей нефелинсодержащего сырья – горно-технических и технолого-экологических, по мнению предыдущих исследователей и автора, возможно за счет инновационного использования особенностей состава нефелина, количественно преобладающего в природном сырье и отходах его обогащения, а также специфики его физико-химических свойств. Химический состав нефелина – NaAlSiO_4 или $(\text{NaK})_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$, включающего глинозем, кремнезем и щелочные компоненты и его легкая вскрываемость в кислых и щелочных средах, обусловили широкий диапазон использования соответствующими отраслями промышленности как селективно, так и в комбинациях друг с другом.

Такой процесс, основанный на избирательной растворимости нефелина и апатита в разбавленной азотной кислоте, в свое время послужил основой для разработки методики фазового анализа апатито-нефелинового сырья, внедренной в практику мониторинга минерального состава руд на комбинате «Апатит» [6, 7].

Проект "Днепр" как инновационно-геотехнологическое решение проблем дистанционно-подземного недропользования

В середине 70-х годов Б.Н. Мелентьевым в ГИГХС`е Минхимпром`а СССР была создана лабораторная установка для изучения возможностей азотно-кислотного выщелачивания дезинтегрированных апатито-нефелиновых руд в ненарушенном залежании, т.е. непосредственно в недрах. Эффективность этого способа, доказанная сначала в лабораторных условиях, а затем на полупромышленной установке в ПО «Апатит», послужила основой разработки дистанционно-подземного *геотехнологического* метода эксплуатации глубоко залегающих апатито-нефелиновых рудных залежей и апатитсодержащих уртитов, дезинтегрированных подземными ядерными взрывами (проект "Днепр") [8]. Этот метод предполагает подачу растворителя по подземным горным выработкам, пройденным под блоками с дезинтегрированной тем или иным способом рудной массой, и орошение им днищ эксплуатационных блоков (или забоев). Полное растворение нефелина и, в меньшей степени, апатита при подаче растворителя *снизу вверх*, что исключает зашламливание дезинтегрированной рудной массы, приводит к переводу в раствор всех полезных компонентов этих главных промышленно-ценных минералов, в то время как остальные (эгирин, титаномагнетит, ильменит, сфен) освобождаются от сростков и превращаются в песок. В результате происходит постепенный «размыв» колонные дезинтегрированной руды над выпусками эксплуатационных блоков с получением высокопродуктивного раствора (пульпы) и песка – коллективного концентрата минералов.

Продуктивный раствор после вывода на поверхность перерабатывается по схеме, приведенной в презентации, с получением широкого ассортимента конечных химических продуктов, а из песков традиционными методами обогащения по упрощенной схеме выделяются все необходимые минеральные концентраты. Заметим, в частности, что только этот метод позволяет разделить нефелин и калиевые полевые шпаты друг от друга, что повышает качество первого из них и позволяет получать и использовать концентраты второго. Эффективность геотехнологического способа добычи и высококомплексной переработки апатито-нефелинового сырья определяется не только полнотой извлечения всех его полезных компонентов, но и исключением из процесса традиционной добычи сырья таких дорогостоящих операций как выпуск руды, ее транспортировка из горы и на обогатительные фабрики, обогащение с неизбежными потерями, транспортировка минеральных концентратов на химико-металлургические предприятия и их переработка и т.д. Кроме того, дистанционный характер геотехнологии позволяет значительно сократить численность персонала в подземном пространстве и, тем самым, решать вопросы обеспечения медико-экологической безопасности и комфортности условий труда.

В связи с тем, что данная разработка осуществлялась в рамках экспериментального проекта «Днепр» (использование ядерных взрывов в мирных целях для дезин-

теграции рудной массы в блоках до 2 млн. т), с введением моратория на ядерные испытания она осталась незавершенной. Вместе с тем, полученные результаты позволяют считать ее исключительно перспективной, особенно в связи с предстоящим решением задачи эксплуатации в Хибинах бедных редкометально-фосфатно-глиноземных руд.

Российское нефелиновое сырье как альтернативное бокситам в производствах глинозема и сопутствующих редких металлов

На базе хибинских нефелиновых концентратов с 30-х годов организовано производство глинозема в Пикалёво и Волхове. Объемы использования нефелинового сырья в условиях "переходного периода" снизились с 1,5 млн. т до 1 млн. т, что обусловило сокращение производств химической продукции, которая выпускалась более чем 50 предприятиями.

Более масштабное производство глинозема из нефелинового сырья было создано в конце 60-х - начале 70-х годов в Красноярском крае на "Ачинском ГК", где перерабатываются небогатые нефелинсодержащие породы – уртиты Кия-Шалтырского месторождения. Объемы их добычи и переработки в советское время достигли 4,5 млн. т, т.е. в 3 раза превысили хибинские. В соответствии с результатами организованных и выполненных автором в ИМГРЭ Мингео СССР исследований распределения редких и токсичных элементов в материальном потоке производства ОАО "АГК" на предприятии была создана и успешно работала установка для получения сопутствующего галлия [9].

Азотнокислая переработка нефелиновых хвостов обогащения как ресурсно-техноэкологическая инновация

Накопленные в хвостохранилищах ОАО "Апатит" – законсервированном и рекультивированном (АНОФ-1) и действующих АНОФ-2 и АНОФ-3 техногенные ресурсы представляют собой гигантский возобновляемый, но неиспользуемый материальный ресурс, а с другой – источник экологического неблагополучия за счет пылевого и водного химического загрязнения среды обитания в качестве фактора микроэлементозной заболеваемости. Основная часть нефелина и других сопутствующих минералов после извлечения апатита складывается в хвостохранилищах, содержание которых требует значительных затрат и усугубляет продолжающееся десятилетиями крайне неблагоприятное воздействие на среду обитания. Главное хвостохранилище АНОФ-2 простирается в СЗ направлении устья р. Белой до ст. Хибины и занимает площадь в 8,4 км² при высоте намывной дамбы из обогатительных песков 57 м. Два участка хвостохранилища занимают бывшую акваторию оз. Сейдозеро и часть губы р. Белой, куда ранее сбрасывалась пульпа с бывшей АНОФ-1 с многолетним накоплением наиболее богатых песков в старом хвостохранилище близ г. Кировска. Действующее хвостохранилище АНОФ-2 оценивается Минприроды и экологии РФ в качестве техногенного месторождения алюминия, титана и редких металлов, а также как крупный источник сырья для производства портландцемента.

Расположенное в непосредственной близости от г. Апатиты, других населенных пунктов и сельхозугодий хвостохранилище стало источником пылевых бурь – нового географического явления в Заполярье. Дамба, отгораживающая обводненные пески от оз. Имандра, задерживает и только частично минеральные взвеси хвостов, но не химические компоненты водных фильтратов, обогащенные Al, Si, Na, K, Ti и V, F, Ca, P₂O₅, Sr и другими микрокомпонентами обогатительной пульпы, включая флотореагенты [10].

Предпринимаются попытки закрепления песков и пылеподавления с применением латекса и раствора битумной эмульсии, а также растительным покровом на откосах хвостохранилища (подобно эффективной рекультивации хвостов АНОФ-1). Однако, радикальное решение ресурсно-экологических проблем хвостохранилища АНОФ-2 и АНОФ-3 заключается в организации поэтапной переработки хвостов,

уменьшение их количества и, наконец, полной ликвидации с восстановлением нарушенных ландшафтов.

В настоящее время представляется целесообразным использовать в лабораторных и полупромышленных условиях комбинирование методов кислотного выщелачивания с традиционным обогащением для оценки возможностей и вариантов эффективной переработки текущих и лежалых отходов ОАО «Апатит» на месте с рекомендуемым получением всего вышеуказанного комплекса полезных продуктов. Для этого рекомендуется создание автономных малых-средних инновационных предприятий, ориентированных на глубокую и комплексную химико-технологическую переработку селективных минеральных концентратов, выделяемых из хвостов обогащения хибинского сырья с использованием заимствованных фрагментов передельно-обогащительной технологии проекта "Днепр".

Согласно прогнозным оценкам азотнокислотная схема переработки отходов обогащения ОАО «Апатит» из 1 т хвостов позволяет получать 170-180 кг глинозема, 170-180 кг соды, 20-30 кг поташа, 200-300 кг аморфного кремнезема и 120-140 кг фосфатно-калиевого удобрения. Технология отработывалась на пилотной установке ОАО «Апатит». Однако, ее промышленное внедрение до сих пор не состоялось, в основном, из-за отсутствия в Кольском регионе собственного, недорогого производства азотной кислоты. В целом, проблемы повышения эффективности и экологизации предприятий, добывающих и перерабатывающих нефелинсодержащее сырьё ОАО "Апатит", "СЗФК" и "АГК", унаследованные с советских времён и, тем более, не решаемые в условиях частнособственнического способа производства, требуют переоценки в направлениях создания высококомплексных интегрированных предприятий полного технологического цикла непосредственно в районах горной добычи исходного сырья.

Очередной раз, при рассмотрении инновационных направлений развития заполярного Кольского и южного Крымского регионов и решения сходных ресурсно-экологических проблем [11], ощущается необходимость в воссоздании Государственного Комитета по науке по науке и технике (ГКНТ), который мог бы обеспечить научно обоснованную координацию и решению проблем импортозамещения стратегических ресурсов и их промышленного использования. Эти направления инновационной политики нуждаются в проявлениях государственной политической воли в программном планировании, распределении госзаказов и контроле за их исполнением. Сложившаяся в нашей стране импортная зависимость в обеспечении глинозёмом, титаном и особенно редкими металлами, уровни использования которых в современном мире являются индикаторами экономической и национальной безопасности, свидетельствует о необходимости замены *коммерческих концепций* в решении стратегических проблем и задач промышленного развития на *высокопрофессиональные и перспективные*, способные обеспечить "прорыв" России в "экономике умов" XXI века и "сбережение народа".

Список литературы:

1. Мелентьев Г.Б., Делицын Л.М. Нефелин – уникальное минерально-химическое сырьё XXI века: ресурсно-экологические проблемы и приоритеты их решения. В ж. Экология промышленного производства. – №1. – 2004. – Ч. 1. – С. 63 – 72; – Ч. 2. – С. 51 – 68.
2. Захаров В.И., Калинин В.Т., Матвеев В.А. Химико-технологические основы и разработка новых направлений комплексной переработки и использования щелочных алюмосиликатов. Часть 1. Краткая характеристика сырьевой базы. Азотно-кислотные методы. – Апатиты. – 1995. – с. 181.
3. Делицын Л.М., Власов А.С., Мелентьев Г.Б., Рябов Ю.В. Эффективная водочистка. В ж. "Редкие Земли", вып. 2(7), 2016. – С. 164 – 173.

4. Делицын Л.М., Мелентьев Г.Б., Дидык В.В., Васильева Н.Я., Делицына Л.В. Новые перспективы использования нефелинового сырья и отходов в эколого-экономических целях. В сб. Окружающая среда в Баренцевоморском регионе. 3-й Междунар. Баренцевоморский симпозиум, 12-15 сентября 1996 г., Киркенес, Норвегия.
5. Лайнер А.Л., Еремин Н.И., Лайнер Ю.А., Певзнер Н.З. Производство глинозема. – М: Металлургия. – 1978. – с. 344.
6. Володченкова А.И., Мелентьев Б.Н. Фазовый анализ апатито-нефелиновых руд. – М.: Изв. АН СССР, сер. геол. – 1940. – № 1.
7. Мелентьев Б.Н., Делицын Л.М. Метод фазового анализа апатито-нефелиновых руд и его применение // В сб.: Методы изучения рассеянных металлов в глиноземном сырье и возможности их попутного получения. – М.: Изд-во ИМГРЭ Мингео СССР. – 1988. – С. 56 – 79.
8. Нифонтов Б.И., Дегтярев В.А., Мелентьев Б.Н. и др. Некоторые вопросы изучения дезинтеграционного выщелачивания апатито-нефелиновых руд. – М.: Труды ГИГХС, 1975. – Вып. 36. С. 58 – 64.
9. Мелентьев Г.Б., Калиш Е.А., Давыдов Н.Ф., Еськова Е.М., Ефимов А.Ф. Распределение редких и других рассеянных элементов в продуктах глиноземного производства на базе нефелинового сырья и перспективы их попутного получения Ачинским комбинатом. В сб. Методы изучения рассеянных металлов в глиноземном сырье и возможности их попутного получения. Отв. ред. Иванов В.В., Мелентьев Г.Б. – М: ИМГРЭ Мингео СССР. – 1988. – С. 79 – 95.
10. Мелентьев Г.Б., Малинина Е.Н., Ельчин Д.С., Егоркин С.В., Вдовина О.К. Методика и результаты эколого-геохимического картирования природно-техногенных гидроэкосистем различно специализированных горнопромышленных комплексов. Труды Конгресса с международным участием "Фундаментальные исследования и прикладные разработки процессов переработки и утилизации техногенных образований", 5-9 июня 2017 г., г. Екатеринбург (Техноген-2017), ИМЕТ УрО РАН. – Екатеринбург: УрО РАН. – 2017. – С. 39 – 44.
11. Мелентьев Г.Б. Инновационные ресурсы недропользования и приоритеты их мобилизации в целях интенсификации и экологизации производств ГПК, ГМК и ТЭК. В сб. Материалы Международн. конф. «Ресурсно-экологические проблемы в XXI веке: инновационное недропользование, энергетика, экологическая безопасность и нанотехнологии», 28 сентября – 4 октября 2009 г., г. Алушта (Украина). – М.: РУДН. – 2009. – С. 10 – 14.

**FROM NUCLEAR-GEOTECHNOLOGICAL PROJECT "DNEPR" –
LIQUIDATION AND STORAGE OF LARGE-RELEASE POLYCOMPONENT
DRESSING TAILS OF RARE-METAL-ALUMINUM-PHOSPHATE ORES
IN HIBINS**

G.B. Melentiev

*Joint Institute for High Temperatures, Russia Academy of Sciences (JIHT),
Moscow, 125412, Russia, e-mail: melent_gb@mail.ru*

Abstract

Consideration of the possibilities and prospects for solving two interrelated scientific and technical problems of the rational use of natural and technology-related nepheline-containing raw materials: Mining and technological. Illustration of comparative data on the effectiveness of the recommended complex and established mono-product use of rare-metal-alumina-phosphate and alumina raw materials of Russia are given. It is recommended to evaluate domestic nepheline-containing raw materials as alternatives to exploited and imported bauxites from the point of view of new available technologies.

**МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОРГАНИЗАЦИИ
ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ПРИРОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ
НА ОСНОВЕ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ**

Ю.И. Мельников

*Байкальский музей Иркутского научного центра,
Иркутская обл., пос. Листвянка, 664520, Россия, e-mail: yumel48@mail.ru*

Современный период отличается сильным потеплением климата, и его не редко относят к глобальным процессам, происходящим на Земле. В тоже время, многими исследователями забывается, что для природных экосистем характерны циклические процессы. Продолжительность разных циклов может очень сильно отличаться. Однако для динамики климата она определяется солнечной активностью [2, 5-6] и сейчас уверенно доказано существование малых внутривековых циклов (от 7 до 14, в среднем 11 лет), больших внутривековых (30-45 лет), вековых (70-90 лет) и многовековых (1500-2000 лет) климатических циклов [4, 8, 11-14]. Из ранее выделенных циклов в настоящее время заканчивается тепло-сухой фазой шестой многовековой цикл климата, продолжительностью около 2000 лет [8, 12]. Аналогичный период потепления, судя по последним дендрохронологическим анализам больших временных рядов (около 7500 лет), наблюдался в 250 г. н.э. [4]. Необходимо иметь в виду, что потепление в Северном полушарии Земли очень неравномерное. В зависимости от подстилающей поверхности (в наиболее общем виде моря, океаны, горы или равнины) конкретных изучаемых регионов оно сильно различается по интенсивности [5-6, 15]. Средний уровень потепления, по данным академика Г.А. Жеребцова и других исследователей, для всего Северного полушария Земли составляет 0.7° C/100 лет. В тоже время, по Восточной Сибири, включая и оз. Байкал, оно достигает 1.9° C/100 лет [5-6, 15] и, следовательно, в 2,7 раза более интенсивное.

Птицы, один из наиболее мобильных элементов экосистем, очень чутко реагирующих на природные изменения. Разумеется, такой высокий уровень потепления не мог не сказаться на динамике ареалов, а также видовой структуре и плотности их населения. Однако высокая неравномерность распределения температур приземного слоя воздуха, определяемая характером подстилающей поверхности, может формировать достаточно существенные их различия даже в сравнительно рядом расположенных регионах. Особенно ярко это проявляется на юге Восточной Сибири, для которой характерен горно-котловинный рельеф и подавляющая часть котловин открыта к югу. Поэтому высокие температуры приземного слоя воздуха, характерные для Центральной Азии, в которой во второй половине XX столетия наблюдались очень сильные и обширные засухи, постоянно перемещающиеся по территории, а в последние десятилетия установился продолжительный засушливый период, сильно влияют на климат котловин [2, 7, 12-14]. Здесь потепление выражено значительно сильнее, чем в прилегающих горных районах. В результате рядом лежащие территории могут сильно различаться по уровню потепления, наиболее хорошо отражаемом приземной температурой воздуха и влажностью.

Высокая неравномерность потепления, которую неоднократно специально подчеркивал Г.А. Жеребцов и др., [5-6], во многом определяет динамику фауны и населения птиц конкретных изучаемых районов, использованных в нашей работе в качестве модельных объектов. В общем виде сильные, порою катастрофические засухи в Центральной Азии, начавшиеся во второй половине XX столетия, вызвали массовые выселения околородных и водоплавающих птиц к северу. Основная причина этого – очень сильное обсыхание мелководных прибрежных экосистем. В результате птицы,

в обычных условиях гнездившиеся на мелководьях и заболоченных участках больших по площади водно-болотных угодий, вынуждены были покинуть их и переселиться на другие участки ареалов. Уже в конце 50 - начале 60-х годов прошедшего столетия в устьях рек, впадающих в Байкал и отличающихся повышенной продуктивностью, появились в массе болотные крачки (род *Chlidonias*), азиатский бекас-видный веретенник *Limnodromus semipalmatus*, в также некоторые виды уток, куликов, чаек и крачек, в обычных условиях осваивающих, преимущественно, более южные территории Центральной Азии (Монголии и Китая) [12-14].

С развитием общей тенденции к сильному потеплению климата поток мигрантов стал увеличиваться. Это отражается не только на увеличении их общего видового состава, но и на росте количества зарегистрированных особей для многих, типично южных, видов птиц. Наиболее ярко это просматривается на околководных и водоплавающих птицах, доля которых среди остальных новых видов, ранее не встречавшихся в Восточной Сибири, превышает 55,0%, а с учетом других групп, осваивающих влажные местообитания, может достигать 75,0%. Необходимо отметить, что подавляющее их количество относится к залетным и очень редко эпизодически гнездящимся птицам. На их фоне резко выделяется относительно небольшая по количеству видов, но очень многочисленная группа водоплавающих птиц. Для них характерны резкие изменения северных границ ареалов и часть видов достигает Центрально-якутской низменности и даже продвигается еще севернее. В тоже время, у ряда видов типично степных, луговых, кустарниковых, лесных и горных птиц на фоне общего роста количества залетных видов, заметно увеличивается число зарегистрированных среди них особей отдельных видов птиц. Отдельно необходимо отметить небольшие по количеству видов, но чрезвычайно массовые выселения птиц ихтиофагов (большой баклан *Phalacrocorax carbo*, серая цапля *Ardea cinerea*, большая поганка *Podiceps cristatus*) и инсектифагов (белокрылая *Chlidonias leucoptera*, черная *Ch. nigra* и белощекая *Ch. hybrida* крачки).

Такие крупные и очень заметные подвижки ареалов привели к заметному росту количества зарегистрированных новых для Восточной Сибири видов птиц. До середины XX столетия, оцениваемого большинством климатологов как позднеледниковье [12-13], здесь было зарегистрировано 376 видов птиц. В настоящее время достоверно доказано пребывание 476 видов, т.е. фауна птиц за относительно короткий период (около 70 лет) очень резкого потепления климата (с 1950 г. по 2018 г.) увеличилась на 100 видов [13]. Весь этап потепления хорошо разбивается на три периода. В первый период были характерны массовые выселения птиц мелководных и заболоченных регионов Центральной Азии. Он совпадает с первыми массовыми выселениями наиболее многочисленных птиц очень влажных лугово-болотных экосистем. Как правило, это участки обширных заболоченных лугов, прилегающих к очень крупным озерным котловинам. Их массовое обсыхание вызвало переселение птиц к северу, в прилежащие районы Забайкалья и Предбайкалья. По мере формирования экосистем такого типа, в других условиях уровня режима грунтовых и прибрежных вод, наблюдался отток птиц назад, хотя на северных границах распространения выселившихся видов сформировались новые небольшие очаги их обитания.

Последующий этап, связанный с формированием длительного маловодного периода, особенно в бассейне р. Селенги [3], вызвал новую волну выселения околководных и водоплавающих птиц, отличающуюся очень большой массовостью (80-годы прошедшего столетия). Именно в это время границы ареалов многих гнездящихся видов уток и поганок ушли далеко на север, а оптимумы их ареалов сдвинулись к северным окраинам Восточной Сибири (Иркутская область и Забайкальский край). Центральные ее районы отличались повышенной плотностью населения пластинчатоклювых (гусеобразных) птиц. Однако дальнейшее обсыхание Центральной Азии и продвижение крупных засух к северу (Предбайкалье) резко снизили здесь

численность околоводных и водоплавающих птиц, которые продвинулись еще далее на север. Одновременно с этим хорошо проявилась общая тенденция усыхания огромных южных водоемов окраин России (Торейская котловина) и прилежащих территорий Монголии (оз. Буйр-нор) и Китая (оз. Далай-нор). Здесь полностью высохло 90,0-98,0% небольших мелководных водно-болотных экосистем, а крупные водотоки практически полностью лишились притоков второго и третьего порядков [12].

В подобных условиях наблюдался третий этап выселения птиц за пределы Центральной Азии. Отмечен значительный сдвиг северных границ ареалов водоплавающих птиц к лесотундре и тундре. Особенно это хорошо заметно у типично южных видов уток (черная кряква *Anas poecilorhyncha*, серая утка *Anas strepera*, широконоска *A. clypeata*, красноголовый нырок *Aythya ferina* и др.). Кроме того, по югу Восточной Сибири в России отмечено появление видов, совершенно не типичных для региона (нырок Бэра *Aythya baeri*, красноносый нырок *Netta rufina*, мандаринка *Aix galericulata* и др.) и более частыми стали залеты чирка-клоктуна *Anas formosa*. Несколько позже, начали отмечаться единичные залеты типично степных и горных видов птиц (степной лунь *Circus macrourus*, даурский журавль *Grus vipio*, морской голубок *Larus genei*, малый *Calandrella brachydactyla* и монгольский *Melanocorypha mongolica* жаворонки, пустынная каменка *Oenanthe deserti*, черный гриф *Aegypius monachus*, стервятник *Neophron percnopterus* и др.) [12-13]. Это указывает на глубокую качественную перестройку экосистем Центральной Азии, связанную с очень длительными маловодными периодами [13].

Отмеченные изменения в фауне птиц и динамике природных экосистем различных типов невозможно выявить без организации тщательных исследований на особо охраняемых природных территориях [13-14]. Последнее замечание является очень важным, поскольку в связи с реорганизацией учреждений Академии наук России объемы полевых исследований были значительно сокращены. В этих условиях резко возросла роль заповедной системы России, прежде всего, в изучении долговременных природных процессов, к которым, бесспорно, относится организация исследований природной динамики экосистем в условиях современного очень сильного потепления климата. Современные экономические тенденции в России не позволяют научным организациям получать достаточно средств на изучение текущих природных процессов. Поэтому очень важным является грамотное использование имеющихся возможностей. Решение задачи сбора достаточного количества качественных материалов невозможно без грамотного использования заповедной системы любого крупного региона, до сих пор сохранившей основные научные кадры.

При организации долговременных наблюдений, прежде всего, необходимо учитывать высокую неравномерность потепления на разных, даже очень близко расположенных территориях. Специальные многолетние исследования показали, что даже соседние бассейны небольших рек одной и той же горной системы могут существенно различаться по структуре и динамике населения птиц [1]. В то же время, на территории бывшего СССР, специальными многолетними исследованиями в первой половине прошедшего столетия было выявлено, по крайней мере, четыре крупных очага, объединенных единством протекающих в них климатических процессов [2]. Их современная динамика чрезвычайно важна для понимания происходящих очень изменчивых процессов динамики климата, часто очень сильно отражающихся на природных экосистемах [9-10]. Прежде всего, это связано с динамикой синоптических процессов, часто определяющих экстремальные по силе проявления климатические явления (локальные потепления и похолодания, ливневые дожди, катастрофические наводнения и др.) на достаточно больших территориях. Частота их проявления в настоящее время резко увеличилась [9-10]. Очень часто они играют ведущую роль в динамике плотности и структуры населения птиц. Однако, при этом такие изменения часто носят слишком локальный характер,

что не позволяет при изучении только одного участка выявить общие закономерности изменений структурных показателей птиц и других элементов природных экосистем под влиянием даже экстремальных по силе климатических событий [9-14]. Для выявления общих закономерностей такой динамики необходима достаточно обширная сеть изучаемых территорий, объединенных решением общих задач и методологическими подходами к изучению очень динамичных природных процессов.

В соответствии с этим, каждая ООПТ должна иметь репрезентативную сеть ключевых участков, охватывающих разнообразие типичных экосистем изучаемого региона. Отбор таких участков требует работы очень грамотных и хорошо подготовленных специалистов и часто не под силу местным исследователям, не имеющим соответствующих навыков подобной работы. Вторым важным условием является достаточно полный охват основных экосистем изучаемого крупного региона. Необходимо всегда иметь в виду, что даже рядом расположенные достаточно большие ООПТ могут различаться по климатическим условиям. Поэтому здесь могут наблюдаться разнонаправленные процессы в динамике плотности населения и структуре фауны птиц, а также в особенностях функционирования природных экосистем. Следовательно, выявление общих закономерностей, характерных для конкретного крупного региона, требует создания специальной сети наблюдений, которой и являются ООПТ разных рангов. Правильное осереднение данных, опытом которого обладает Гидрометслужба России, позволит выявить наиболее общие очень важные закономерности функционирования природных экосистем в современных климатических условиях. Для полноценной работы заповедной системы России необходимо восстановление, существовавшей ранее, центральной службы по управлению научными исследованиями.

Все это уже хорошо известно. Однако, несмотря на крайнюю важность такой работы в современных условиях, она, по-прежнему, не выполняется. Между тем, уникальность природной обстановки второй половины XX и начала XXI столетий требует специального ее очень тщательного изучения. Особенности проявлений климатических условий сильно определяют деятельность человека, особенно в таких отраслях, как сельскохозяйственная деятельность. Насущной задачей современного периода является сбор, накопление и анализ данных, позволяющих прогнозировать будущие изменения климата. Исходя из имеющихся материалов, следующий аналогичный период может наступить только через 15-20 столетий. Иметь для сравнения полноценный материал – истинная цель науки и этого нельзя забывать никогда.

Список литературы:

1. Ананин А.А. Формирование видового населения птиц на высотном профиле западного макросклона Баргузинского хребта // А.А. Ананин / Вестн. Бур.ГУ. Биология, география, 2009. – Вып. 4. – С. 130-137.
2. Афанасьев А.Н. Колебания гидрометеорологического режима на территории СССР / А.Н. Афанасьев. – М.: Наука, 1967. – 231 с.
3. Бережных Т.В. Изменение летней циркуляции атмосферы над Восточной Азией и формирование длительных маловодных периодов в бассейне р. Селенги // Т.В. Бережных, О.Ю. Марченко, Н.В. Абасов, В.И. Мордвинов / География и природные ресурсы, 2012. - № 3. – С. 61-68.
4. Воронин В.И. Сверхдлинные сибирские древесно-кольцевые хронологии – надежные архивы для палеоклиматических реконструкций // В.И. Воронин, Р.М. Хантемиров, М.М. Наурзбаев / Развитие жизни в процессе абиотических изменений на Земле: мат-лы III Всерос. научно-практич. конф. (23-30 сентября 2014 г., г. Иркутск, Россия). – Иркутск: Изд-во Ин-та географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2014. – С. 409-415.
5. Жеребцов Г.А. Закономерности климатических изменений в XX в. и основные

- физические процессы, ответственные за эти изменения // Г.А. Жеребцов, В.А. Коваленко, С.И. Молодых, О.А. Рубцова / Изв. Иркутск. гос. ун-та. Сер. “Науки о Земле”, 2011. - Т. 4, № 1. - С. 87-108.
6. Жеребцов Г.А. Влияние солнечной активности на температуру тропосферы и поверхности океана // Г.А. Жеребцов, В.А. Коваленко, С.И. Молодых, К.Е. Кириченко / Изв. Иркутск. гос. ун-та. Сер. “Науки о Земле”, 2013. Т. 6, № 1. С. 61-79.
 7. Кошеленко И.В. Засухи и борьба с ними. Обзор. / И.В. Кошеленко. Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 1983. – Вып. 4. – 56 с.
 8. Кривенко В.Г. Птицы водной среды и ритмы климата Северной Евразии / В.Г. Кривенко, В.Г. Виноградов. – М.: Наука, 2008. – 588 с.
 9. Латышева И.В. Исследования динамики Азиатского антициклона и холодных циркуляционных периодов на территории Иркутской области // И.В. Латышева, К.А. Лощенко, Е.В. Шахаева // Изв. Иркутск. гос. ун-та. Сер. “Науки о Земле”, 2011. Т. 4, № 2. – С. 161-171.
 10. Латышева И.В. Циркуляционные особенности аномальных погодных явлений на территории России летом 2013 г. // И.В. Латышева, К.А. Лощенко, Е.В. Шахаева, Г.С. Сметанин / Изв. Иркутск. гос. ун-та. Сер. “Науки о Земле”, 2013. - Т. 6, № 2. – С. 125-137.
 11. Леви К.Г. Глобальные природно-климатические изменения в истории Земли – исторический мониторинг природных явлений в Сибири и возможности их прогноза // К.Г. Леви, С.А. Язев, Н.В. Задонина / Современная геодинамика и опасные природные процессы в Центральной Азии. – Иркутск: Изд-во ИЗК, 2004. – С. 23-46.
 12. Мельников Ю.И. Современная фауна птиц котловины озера Байкал и особенности ее формирования // Ю.И. Мельников / Изв. Иркутск. гос. ун-та. Сер. Биология. Экология. – 2016. – Т. 16. – С. 62-83.
 13. Мельников Ю.И. Роль заповедной системы Восточной Сибири в изучении долговременных изменений фауны птиц и климата // Ю.И. Мельников / Природные резерваты – гарант будущего: мат-лы Всерос. научно-практич. конф. (4-6 сентября 2017 г., г. Улан-Удэ, Россия). – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2017. – С. 150-154.
 14. Ткаченко Е.Э. Изменение уровня Торейских озер и гнездящиеся колониальные околоводные птицы // Е.Э. Ткаченко, В.А. Обязов / Наземные позвоночные Даурии (тр. госзап-ка “Даурский”). – Чита: Изд-во “Поиск”, 2003. – Вып. 3. – С. 44-59.
 15. Шимараев М.Н. Зональная циркуляция атмосферы, климат и гидрологические процессы на Байкале (1968-2007 гг.) // М.Н. Шимараев, Л.Н. Старыгина / География и природные ресурсы, 2010. № 3. – С. 62-68.

**METHODOLOGICAL APPROACHES TO THE ORGANIZATION
OF ECOLOGICAL MONITORING OF NATURAL ECOSYSTEMS
ON THE BASIS OF SPECIALLY PROTECTED NATURAL TERRITORIES**

Yu.I. Mel'nikov

Baikal Museum of the Irkutsk Scientific Center,

Irkutsk region, pos. Listvyanka, 664520, Russia, e-mail: yumel48@mail.ru

Abstract

The complex dynamics of natural ecosystems, noted in the period of strong climate warming (late XIX - early XXI centuries), can be fully identified only on the basis of specially protected natural areas (SPNA). Large local climate variability determines the complex dynamics of natural ecosystems. To study it, a very large area should be involved, including several SPNA. Their real changes can be detected only on the basis of the correct sequencing of materials collected on these SPNA. In addition, each SPNA should have a network of selected sites, representatively reflecting natural changes under the influence of various factors. Such an organization of research cannot be performed without centralized management from a single center responsible for such work.

ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ СБОРА И ЗАГОТОВКИ СИНЕ-ЗЕЛЕННЫХ ВОДОРОСЛЕЙ ДЛЯ ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ИХ ПЕРЕРАБОТКИ

**В.А. Милюткин¹, Г.С. Розенберг², С.В. Саксонов², И.В. Бородулин³,
Е.А. Агарков³**

¹ФГБОУ ВО Самарский государственный аграрный университет, г. Самара, РФ

²Научно-исследовательский институт Экологии Волжского бассейна РАН,
г. Тольятти, РФ

³ООО «ЭКОВОЛГА», г. Самара, РФ

В статье представлены технико-технологические разработки устройств и агрегатов для сбора сине-зеленых водорослей из водоемов и водотоков в период их активной вегетации, способы заготовки – сушки сырья из сине-зеленых водорослей и их переработки в биотопливо III поколения, что обеспечит в данном направлении в определенном объеме решение экологических и экономических проблем.

Наряду со значимым и значительным положительным влиянием на образование и существование атмосферы, насыщенной кислородом, за счет, главным образом, фотосинтеза зеленых растений, выделяющих кислород, к которым относятся главным образом и сине-зеленые водоросли, представляющие собой отдел крупных грамотрицательных бактерий, способных к фотосинтезу, сопровождающемуся выделением кислорода, в экологическом же плане сине-зеленые водоросли за счет массового неуправляемого развития наносят природе и человеку существенный экологический ущерб. В то же время наукой и практикой разработаны технологии и технические средства по эффективной переработке растений в биогаз, биотопливо, биотопливо III поколения. С учетом большого количества сине-зеленых водорослей, развивающихся в водной среде открытых водоемов и водотоков без материальных затрат со стороны человека по сравнению с выращиваемой зеленой растительной продукцией на земле, возникает двоякая прогрессивная задача по сбору сине-зеленых водорослей (решение экологических проблем) и переработка в различные виды топлива (решение экономико-энергетических проблем) [1-9].

Самарский государственный аграрный университет, научно-исследовательский институт Волжского бассейна РАН (г. Тольятти), ООО «ЭКОВОЛГА» (г. Самара) на протяжении ряда лет проводят научно-исследовательскую работу по эффективному использованию сине-зеленых водорослей по широкой программе – их сбора, заготовки, переработки в биотопливо и использования в качестве органических удобрений [4,10-12].

В настоящее время нами разработан ряд технологий и технических средств, защищенных патентами на изобретения (более 20 патентов), которые в соответствии с поставленными задачами следует разделить на несколько направлений:

1. Сбор сине-зеленых водорослей из водоемов и водотоков [4] рекомендуется проводить специальными техническими средствами – устройствами, как в составе заградительных преград, так и самоходными плавучими средствами. В качестве примера одного из таких самоходных плавучих средств предлагается «Устройство для очистки водоемов от сине-зеленых водорослей» по патенту на изобретение №2551172 [11] (рис. 1). Кроме этого устройства для сбора сине-зеленых водорослей нами разработано большое количество конструкций с различным техническим оснащением от стационарных, работающих в водотоках-реках с течением воды, до самоходных-самоплавающих эффективно работающих в водоемах, где нет движения

воды и сбор сине-зеленых водорослей возможен при самостоятельном движении собирающих водоросли агрегатов, когда возникает принудительный подпор воды с водорослями. В качестве примеров таких устройств рекомендуются разработанные нами конструкции по патентам на изобретения №2555896 «Устройство для очистки водоемов от сине-зеленых водорослей» [12] и №2548075 «Устройство для очистки водоемов от сине-зеленых водорослей с помощью биопрепарата» [10]. Учитывая большое количество разработанных нами конструкций (более 20) данных устройств для различных условий проведена их соответствующая классификация.

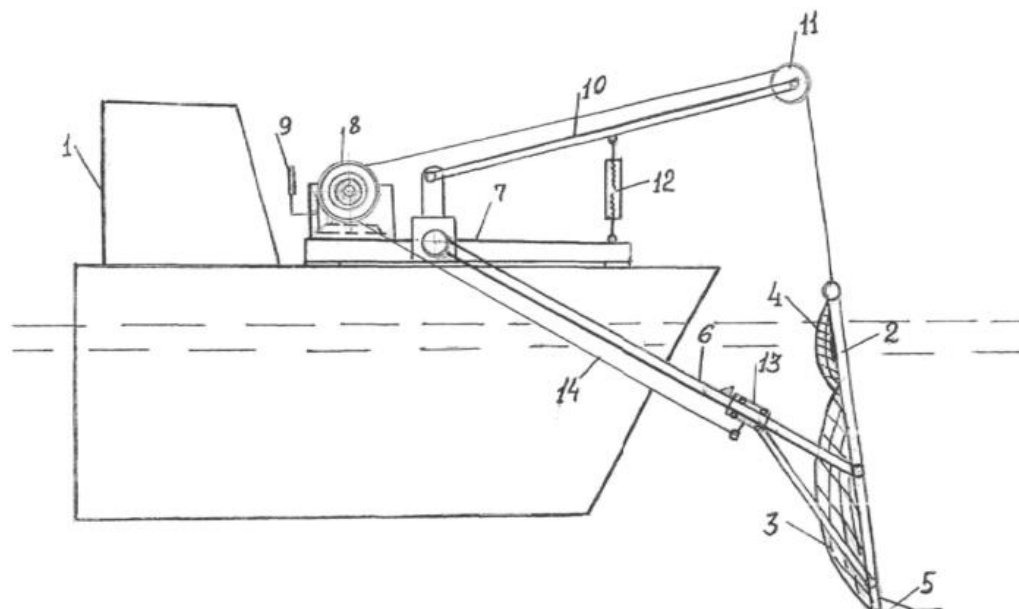


Рис. 1. «Устройство для очистки водоемов от сине-зеленых водорослей» по патенту на изобретение №2551172

Устройство состоит из плавсредства 1, на котором установлен каркас 2 с сеткой для сбора сине-зеленых водорослей, причем основная сетка 3 имеет более крупные ячей по сравнению с верхней сеткой 4, которая имеет меньший размер ячеей, так же снизу сетки находится нож 5 для срезания водорослей растительного характера.

Рамка каркаса 2 установлена на двух продольных штангах 6 на раме 7, для подъема и опускания рамки 2 используется двухбарабанная лебедка 8 с реверсом 9, стрелой 10, роликом 11 и винтовым механизмом 12. Изменение наклона рамки 2 в процессе работы производит подвижная каретка 13 на каждой штанге 6 с приводом от троса 14.

Устройство работает следующим образом. Для передвижения плавучего средства 1 к исходному месту очистки водоемов устройство переводится в транспортное положение, при этом каркас 2 с сеткой заборной частью устанавливается в горизонтальное положение над поверхностью воды. Для начала рабочего процесса каркас 2 с сеткой 3 опускается в водоем на глубину залегания сине-зеленых водорослей, а верхняя часть сетки 4 устанавливается на уровне поверхности воды. При движении сине-зеленые водоросли и срезанные ножом 5 водоросли растительного характера оседают в крупнаячейистой сетке 3, а ряска собирается в верхней части мелкаячейистой сетки 4. По мере заполнения сетки каркас 2 с водорослями поднимают из воды на уровень поверхности водоема, при этом сеточный каркас наклоняется в сторону, противоположную направлению движения. Водоросли в момент их транспортировки освобождаются от воды, что упрощает процесс разгрузки в местах их сбора и утилизации. Перевод каркаса 2 с сеткой в транспортное положение или в рабочее состояние обеспечивается за счет изменения направления вращения двухбарабанной лебедки 8, при этом каждый барабан имеет свой заход троса, что дает возможность при

синхронном вращении барабанов управлять технологическим процессом очистки водоемов от водорослей. Если на одном из барабанов трос 14 наматывается, то на другом в это время раскручивается. В рабочем положении подвижная каретка 13 фиксируется стопором.

2. Заготовка сине-зеленых водорослей с возможностью их длительного хранения представляет технологию и технические средства для сушки водорослей с помощью специальной «Сушилки для сине-зеленых водорослей» по патенту на изобретение №2606811, так как интенсивная вегетация водорослей происходит в летнее теплое время и для длительной их переработки, например в биотопливо III поколения, требуются большие их запасы, что соответственно требует глубокой просушки, что и обеспечивает предложенная конструкция сушилки, причем сушилка оборудуется солнечными батареями с целью снижения энергозатрат на просушку собранной массы сине-зеленых водорослей.

3. Переработку сине-зеленых водорослей в биотопливо III поколения рекомендуется проводить на специальном «Устройстве для переработки сине-зеленых водорослей в биотопливо» по патенту на полезную модель №182401.

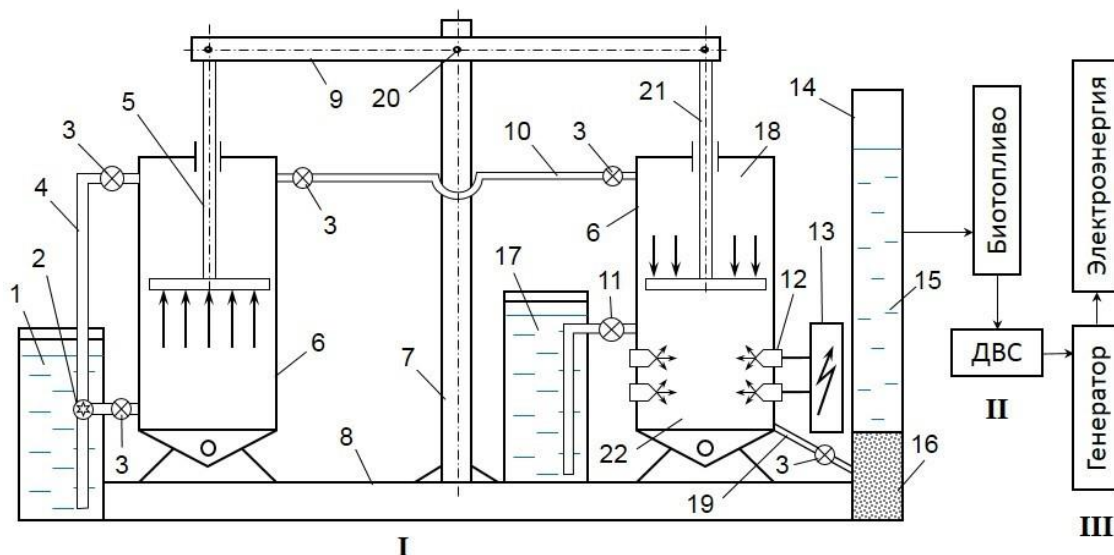


Рис. 2. Устройство для переработки сине-зеленых водорослей в «биотопливо» по патенту на полезную модель №182401

Данная конструкция работает по принципу создания в рабочей зоне цилиндра 18 с сине-зелеными водорослями высокого давления насосом 2 и гидроцилиндром предварительного повышенного давления 6 через траверсу 9, после чего свечами 12 благодаря большому напряжению из источника электрического питания 13 обеспечивается электроискровой разряд с высокой температурой (температура плазмы). Обработанные таким образом сине-зеленые водоросли выделяют основу для биотоплива, разделяющуюся на фракции в ректификационной колонке 14. В дальнейшем биотопливо используется для работы двигателя внутреннего сгорания ДВС для получения генератором электроэнергии с последующим ее использованием в народном хозяйстве.

Список литературы:

1. Сороковина Е.Г. Сине-зеленая угроза.: Наука из первых рук, 2010. Т.36, №6. С. 57-59.
2. Voloshko L.N., Pljushh A.V., Titova N.N. Toksiny cianobakterij (Cyanobakteria, Cyanophyta)// Algologija. 2008. Т.18, №1. S.3-20.
3. Gromov B.V. Cianobakterii v blosfere // Sorosovskij obrazovatel nyi zhurnal. 1996. № 9.S. 33-39.

4. Милюткин В.А. Технические средства для обеспечения безопасной экологической среды в водоемах. В сборнике: 7TH INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE «APPLIED SCIENCES TECHNOLOGIES IN THE UNITED STATES AND EUROPA: COMMON CHALLENGE SCIENTIFIC FINDINGS» / В.А. Милюткин, И.В. Бородулин, З.П. Антонова, Н.Ф. Стребков // Papers of the 7th International Scientific Conference CIBUNET Publishing; ORT Publishing; All authors of the current issue. – 2014. – С.131 - 136.
5. Зайцева Н.В. Проблема развития сине-зеленых водорослей в Воткинском и Ижевском водохранилищах // современные научные исследования и инновации. 2014. №6. Ч.1 [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2014/06/36048>.
6. Панцхава Е.С., Пожарнов В.А. Перспективы использования биомассы в энергетике России при экспорте топлива / Доклад на энергетическом форуме, декабрь 2004.
7. Панцхава Е.С., Пожарнов В.А. Россия – крупнейший поставщик биотоплив на мировой рынок // Энергия: экономика, техника, экология. 2005 № 6.
8. Панцхава Е.С. Перспективы использования биомассы в энергетике России и экспорте топлива / Малая энергетика 2005 № 1-2.
9. Панцхава Е.С. Мировой рынок биотоплив глазами России / Академия энергетики. 2005. № 6.
10. Патент №2548075 Российская Федерация, МПК C02F 3/00. Устройство для очистки водоемов от сине-зеленых водорослей с помощью биопрепарата / Милюткин В.А., Стребков Н.Ф., Котов Д.Н.; Заявл. 24.06.2013; опубл. 10.04.2015, Бюл. №10. - 5с.
11. Патент №2551172 Российская Федерация, МПК C02F 3/00. Устройство для очистки водоемов от сине-зеленых водорослей / Милюткин В.А., Стребков Н.Ф., Бородулин И.В., Котов Д.Н.; Заявл. 28.01.2014; опубл. 20.05.2015, Бюл. № 14.
12. Патент № 2555896 Российская Федерация, МПК C 02 F 1/00. Устройство для очистки водоемов от сине-зеленых водорослей / Милюткин В.А., Стребков Н.Ф., Бородулин И.В.; Заявл. 20.02.2014г., Опубл. 10.07.2015г., Бюл. №19. – 5с.

TECHNICAL-TECHNOLOGICAL JUSTIFICATION OF THE COLLECTION AND PREPARATION OF BLUE-GREEN ALGAE FOR THE FOLLOWING OF THEIR PROCESSING

V.A. Milyutkin¹, G.S. Rosenberg², S.V. Saksonov², I.V. Borodulin³, E.A. Agarkov³

¹*FSBEI HE Samara State Agrarian University, Samara, Russian Federation*

²*Research Institute of Ecology of the Volga Basin, Russian Academy of Sciences, Togliatti, Russian Federation*

³*LLC "EKOVOLGA", Samara, Russia*

Abstract

The article presents the technical and technological development of devices and units for collecting blue-green algae from reservoirs and watercourses during their active growing season, methods of harvesting - drying raw materials from blue-green algae and their processing into biofuel III generation, which will provide in this direction in a certain amount of environmental and economic problems.

УДК 661.183.2

ПОКАЗАТЕЛИ ПОРИСТОЙ СТРУКТУРЫ И АДСОРБЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ЦЕЛЕВЫХ ПРОДУКТОВ ТРАНСФОРМАЦИИ В АКТИВНЫЕ УГЛИ ОБОЛОЧЕК КОСТОЧЕК СЛИВЫ

Мин Тху, Мьят Мин Тху, Со Вин Мьинг, А.В. Нистратов, В.Н. Клушин

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, г. Москва, 125047, Россия, e-mail: dvk1971april@mail.ru

Обеспечение экологической безопасности состояния окружающей среды во всех странах в значительной степени тесно связано с эффективным решением задач глубокой очистки производственных сбросов и выбросов. Наиболее используемыми средствами финишной очистки от органических загрязняющих веществ таких поступлений в биосферные объекты являются углеродные адсорбенты – активные угли, коксы, полукоксы и тому подобные материалы. Приемы их производства, пористая структура и поглотительные свойства применительно к обработке разнообразных объектов опубликованы в многочисленных источниках научно-технической и патентной информации. Наряду с этим такие адсорбенты, изготавливаемые в промышленных масштабах из традиционных видов сырья и поставляемые на мировые рынки, имеют достаточно высокую стоимость, что во многом ограничивает возможности их практического использования. В этой связи интенсивно ведутся исследования, связанные с возможностью получения, в частности, активных углей из различных углеродсодержащих производственных отходов, представляющих собой дешевые и часто, по существу, бросовые, не находящие полезного использования материалы.

К числу таковых принадлежат крупнотоннажные отходы пищевых, и, в частности, консервных предприятий республики Союз Мьянма, занятых переработкой урожая сливы, в виде фрагментов косточек этих плодов. Страна практически не располагает собственными производствами активных углей. Однако потребности в их использовании достаточно велики. При этом следует подчеркнуть, что государственная политика Мьянмы ориентирована на необходимость создания адекватных местных производств на основе древесных отходов с целью удовлетворения внутренних потребностей [1]. Кроме того, скорлупа орехов и косточек фруктов, как явствует из многих публикаций [2-6], обычно представляет собой весьма качественное сырье для производства активных углей. Таким образом, необходимость выполнения исследований, ориентированных на выявление целесообразности и эффективности вовлечения в материальное производство названных национальных отходов с целью получения указанных адсорбентов для нужд республики, а также на разработку технологических основ такого производства является актуальной.

В работе использованы фрагменты оболочек косточек сливы, отобранные на одном из пищевых предприятий Мьянмы. Ряд их показателей и внешний вид характеризуют данные табл. 1 и рис. 1.

Таблица 1

Характеристика скорлупы косточек сливы

Размер фрагментов, мм	Насыпная плотность, кг/дм ³	Прочность при истирании, %	W, %*	A, %**	Элементы органической части, %			
					C	O***	H	N
5 - 7	0,59	99,95	6,96	1,35	45,56	48,25	5,96	0,23

*W – влажность; **A – зольность; *** по разности



Рис.1. Фото фрагментов сырья

Наиболее простой и доступной в условиях Мьянмы технологией переработки этого сырья представляется его пиролиз с последующей активацией его целевого продукта – карбонизата водяным паром. В связи с этим в работе с привлечением термографии оценена рациональная область пиролитического воздействия на сырье и в ее границах изучено влияние на результативность процесса пиролиза интенсивности нагревания, конечной температуры и длительности выдержки при ней обрабатываемого материала.

Названная результативность определена как рациональное сочетание величины выхода карбонизата по отношению к воздушно-сырому сырью и значений ряда показателей его пористости (в виде суммарного объема пор по воде V_{Σ} и объемов сорбирующих пор V_S по парам воды, тетраоксида углерода и бензола) и поглотительной способности по красителю метиленовому голубому (МГ) и по йоду (J_2). По совокупности результатов выполненных экспериментов оптимальными условиями пиролиза приняты интенсивность нагревания 15 °С/мин, конечная температура 600 °С и длительность изотермической выдержки при ней обрабатываемого материала 10 мин. Ряд показателей карбонизата, полученного в этих условиях, отражают данные табл. 2, 3 и рис. 2.

Таблица 2

Характеристика карбонизата скорлупы косточек сливы

Размер фрагментов, мм	Насыпная плотность, кг/дм ³	Прочность при истирании, %	W, %*	A, %**	Элементы органической части, %			
					C	O***	H	N
4 - 5	0,30	98,00	1,90	2,67	85,37	10,20	3,99	0,44

* W – влажность; **A – зольность; *** по разности

Таблица 3

Показатели пористости и поглотительной способности карбонизата

Показатель	V_{Σ} , см ³ /г	V_{SH_2O} , см ³ /г	V_{SCCl_4} , см ³ /г	$V_{SC_6H_6}$, см ³ /г	МГ, мг/г	J_2 , %
Значение показателя	0,68	0,09	0,06	0,18	3,52	77,19

Выход карбонизата по отношению к воздушно-сырому сырью в указанных условиях равен 31,77 %.



Рис. 2. Фото фрагментов карбонизата

При аналогичном изложенному выше подходе к изучению процесса активации водяным паром охарактеризованного карбонизата по итогам выполненных экспериментальных исследований определены оптимальные условия его проведения: интенсивность нагревания 15 °С/мин, конечная температура 850 °С, длительность изотермической выдержки при этой температуре обрабатываемого материала 30 мин и удельный расход водяного пара 15 кг на 1 кг целевого продукта.

Ряд показателей активного угля, полученного в этих условиях, отражают данные табл. 4, 5 и рис. 3.

Таблица 4

Характеристика активного угля

Размер фрагментов, мм	Насыпная плотность, кг/дм ³	Прочность при истирании, %	W, %*	A, %**	Элементы органической части, %			
					C	O***	H	N
3 - 4	0,24	90,00	1,66	3,56	94,30	3,09	2,35	0,53

*W – влажность; **A – зольность; *** по разности

Таблица 5

Показатели пористости и поглотительной способности активного угля

Показатель	V _Σ , см ³ /г	V _{SH₂O} , см ³ /г	V _{SCCl₄} , см ³ /г	V _{SC₆H₆} , см ³ /г	MГ, мг/г	J ₂ , %
Значение показателя	0,92	0,19	0,34	0,37	153	86,73

Выход активного угля по отношению к карбонизату составляет 75,00 % (23,83 % к сырью).

Охарактеризованная информация позволяет классифицировать полученный активный уголь как весьма прочный зерненный адсорбент с долей сорбирующих пор на уровне 40 % от суммарного объема. Сравнение его с активным углем на базе растительного сырья в виде косточек фруктов и оливок, полученным схожим путем нагрева сырья в среде пирогазов в отсутствие доступа кислорода с темпом 10-20

°С/мин и выдержкой при конечной температуре пиролиза 20-30 мин, а также последующего парогазового активирования [7], позволяет констатировать близкие величины прочности, но несколько меньшие показатели суммарной пористости, составляющие для сопоставляемого образца [7] 87-90 % и 0,68-0,76 см³/г соответственно.



Рис. 3. Фото фрагментов активного угля

Из скорлупы косточек абрикосов, слив, персиков влажностью 12-20 %, измельченной до размера зерен 1,0-1,5 мм, в работе [8] путем пиролиза под давлением 15-22 МПа при 350-400 °С и последующей обработке парогазовой смесью получены активные угли с большей, чем у охарактеризованного угля на основе фрагментов оболочек косточек сливы, с существенно большей степенью обгара (60-75 %) и, напротив, меньшей прочностью при истирании (65-80 %). В этой работе отмечено, что угли на базе различных скорлуп характеризует весьма высокая химическая устойчивость, что обеспечивает возможность их многократной регенерации и повышенную механическую прочность при высокой пористости (0,8-1,1 см³/г). Их насыпная плотность составляет 0,4-0,6 г/см³, величина V_{SC6H6} – 0,6-0,8 см³/г, объемы микро- и мезопор – 0,35-0,45 и 0,5-0,8 см³/г соответственно.

Широкий набор косточковых отходов переработки абрикоса, вишни, черешни, сливы, винограда и персика, наряду со скорлупой орехов, использован в работе [9] для получения активных углей различными приемами парогазовой активации карбонизатов. Качество полученных адсорбентов количественно оценено показателями удельной поверхности и поглощения МГ. Лучшим из полученных по величине удельной поверхности (около 600 м²/г) оказался уголь на основе абрикосовых косточек с выходом 10,1 %.

Таким образом, изложенное позволяет заключить, что активный уголь, полученный в настоящей работе из фрагментов косточковых оболочек зерен (семян) сливы, может являться конкурентоспособной продукцией при организации его производства.

Список литературы:

1. Department of Agriculture (DOA). Ministry of Agriculture and Irrigation, Department of Agriculture, Myanmar Horticultural Crops Production Report (2010-2011). [Электронный ресурс] режим доступа: http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/faoweb/docs/MM3/Statements/Myanmar.pdf (дата обращения: 27.10.2018).

2. Одинцова М.В. Физико-химические характеристики бифункционального сорбента из скорлупы кедровых орехов: автореферат дисс. к.х.н. Тюмень, 2010 – 18 с.
3. Активированный уголь: производство из косточек фруктов, опилок, отходов с/х [Электронный ресурс] режим доступа: http://www.asiabusiness.ru/torg/minifactory/coal/activated/activated_1147.html (дата обращения: 27.11.2015).
4. Способ получения активного угля из косточек плодов и скорлупы орехов. Патент РФ № 2111923 [Электронный ресурс] режим доступа: <http://www.Findpatent.ru/patent/211/2111923.html> (дата обращения: 12.12.2015).
5. Багреев А.А., Брошник А.П., Стрелко В.В. и др. Активный уголь на основе скорлупы грецких орехов / ЖПХ, 1999, т. 72, № 6, с. 942-946.
6. Определение физико-химических и адсорбционных характеристик нового активированного угля из косточек урюка [Электронный ресурс] режим доступа: <http://7universum.com/ru/tech/archive/item/4373> (дата обращения: 30.10.2017).
7. Способ получения активного угля [Электронный ресурс] режим доступа: <http://ru-patent.info/21/00-04/2104935.html> (дата обращения: 17.06.2018).
8. Галушко Л.Я., Хазанов В.А., Пашенко Л.В. и др. Получение активного угля из фруктовых косточек / Химия твердого топлива, 1998, № 3, с. 33-37.
9. Касьянов Г.И., Нематуллаев И., Палагина И.А. и др. Производство активного угля из скорлупы косточек плодовых культур и его регенерация [Электронный ресурс] режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/proisvodstvo-aktivnogo-uglya-iz-...> (дата обращения: 17.06.2018).

**INDICATORS OF POROUS STRUCTURE AND ADSORPTION ABILITY
OF TARGET PRODUCTS OF TRANSFORMATION IN ACTIVE COALS
OF SHELLS OF PLASTS OF PLUM**

Min Thu, Myat Min Thu, So Win Mint, AV Nystrat, V.N. Klushin

Russian University of Chemical Technology DI. Mendeleev, Moscow, 125047, Russia.

e-mail: dvk1971april@mail.ru

Abstract

The waste of food enterprises of the Republic of the Union of Myanmar in the form of fragments of coreless plum kernels as raw materials for processing into active carbons is considered. The rational conditions of their pyrolysis and activation with water vapor of the resulting carbonizate are characterized. The values of the studied parameters of the porous structure and the absorptive capacity of the target products of these operations are presented along with their output. These indicators are compared with similar ones published in the scientific and technical literature for activated carbons obtained from other types of stone raw materials and nutshells. The conclusion is made about the competitiveness of the studied adsorbents.

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА КУЛЬТУРАЛЬНЫХ СРЕД НА БИОДЕГРАДАЦИЮ БЕЛОГО ФОСФОРА

А.З. Миндубаев¹, Э.В. Бабынин², Е.К. Бадеева¹, С.Т. Минзанова¹,
Л.Г. Миронова¹

¹Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова ФИЦ КазНЦ РАН,
г. Казань, 420088, Россия, e-mail: mindubaev@iopc.ru ; mindubaev-az@yandex.ru

²ГАОУ ВПО Казанский ²(Приволжский) федеральный университет,
г. Казань, 420008, Россия

Защита окружающей среды стала злободневной проблемой (Петросян, Шувалова, 2017). В немалой степени кризис обусловлен накоплением токсичных отходов, устойчивость к которым у биосферы еще не выработалась. Чрезвычайно опасным в обращении отходом является белый фосфор Р₄. Его токсичность настолько велика, что позволяет относить белый фосфор к веществам первого класса опасности. Тем не менее, Р₄ на протяжении сотен лет находит применение. Причина этого – сравнительно низкая цена, доступность и многообразие химических превращений. Таким образом, белый фосфор это своего рода узловая точка, связывающая природные месторождения фосфатов и все многообразие фосфорсодержащих продуктов химической промышленности. Следует особо указать на тот факт, что все загрязнения белым и желтым фосфором на территории РФ находятся в бассейне реки Волга – важнейшей водной и транспортной артерии нашей страны, в регионе с самой высокой плотностью населения в России! Соответственно, связанные с загрязнениями экологические риски очень велики.

Биодеградация белого фосфора до начала наших исследований не была известна, хотя этот метод гармонично вписывается в естественные биосферные процессы, и в настоящее время широко применяется (Wackett, 2013; Миндубаев, 2018).

В рамках наших предыдущих исследований (Миндубаев и др., 2018), были сделаны значительные успехи. Тем не менее, некоторые важные проблемы оставались нерешенными. Например, вопрос о влиянии солей меди на биодеградацию белого фосфора.

Поскольку белый фосфор при комнатной температуре активно реагирует с ионами двухвалентной меди, до последнего времени не был подтвержден факт его биодеградации: превращения можно было объяснить химической реакцией. Мы впервые провели дальнейшую модификацию среды Придхем-Готлиба, исключив из ее состава не только источник фосфора фосфат, но и сульфат меди. Только исключив из состава CuSO₄, и наблюдая, тем не менее, рост микроорганизмов, мы можем получить более обоснованные доводы в пользу биодеградации белого фосфора.

Мы исследовали рост четырех штаммов *A. niger*, из них один (AM1) выделен нами из реактива белого фосфора. Еще три штамма любезно предоставлены нам Всероссийской коллекцией микроорганизмов (ВКМ), при ИБФМ им. Г.К. Скрыбина (Пушино) (Миндубаев и др., 2018).

После посева замеряется оптическая плотность в каждой лунке (всего в планшете их 96) при помощи специального спектрофотометра – планшетного ридера. Дно планшета оптическое. Культуры высевались в планшеты Corning, скорость роста оценивалась микропланшетным ридером Infinite F200 Pro, Tecan (Австрия) по интенсивности поглощения света λ 550 нм. В наших экспериментах максимальная концентрация белого фосфора в лунках планшетов достигала 1%. Использование планшетов и планшетного ридера позволило нам производить параллельные посеы раз-

ных штаммов и сравнивать скорость их роста в средах с различными концентрациями белого фосфора.

Посев производился в модифицированную среду Придхем-Готлиба (ПГ). В модификацию среды без двухвалентной меди не вносили компонент $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.

Штаммы высевались в три варианта сред Придхем-Готлиба: в среду с белым фосфором в качестве единственного источника фосфора, содержащую сульфат меди; в среду с белым фосфором в качестве единственного источника фосфора, не содержащую сульфат меди, а также в среду с белым фосфором и фосфатом в качестве источника фосфора.

Использование планшетов и планшетного ридера позволило нам производить параллельные посеы разных штаммов и сравнивать скорость их роста в средах, различающихся по составу, и с различными концентрациями белого фосфора. Мы впервые провели параллельные посеы культур аспергиллов в культуральные среды нескольких составов, приведенных в таблице 1.

Таблица 1

Состав культуральных сред, примененных в исследовании

Соли, г/л	№1	№2	№3	№4	№5
NaCl	5	2.5	2.5		2.5
NaNO ₃			4	4	
MgSO ₄	0.2	0.5	1	0.5	0.5
FeSO ₄					
CaCl ₂	0.1			0.01	
FeCl ₃				0.01	
KCl		0.5		0.1	
(NH ₄) ₂ SO ₄			1		5
МОПС	8.4				
КОН	1.1				
NH ₄ Cl	1.1	1.1			

МОПС (3-(N-морфолино)пропансульфоновая кислота), применяемая для создания буферных растворов в биохимии.

В среде Придхем-Готлиба МИК для аспергиллов составляет 1% (рис. 1). Тем не менее, при высоких концентрациях белого фосфора, в диапазоне концентраций от 0.5 до 0.007%, штамм АМ1 рос быстрее, т.е. оказался более устойчивым.

До сих пор максимальная концентрация белого фосфора в культуральных средах составляла 1%. Поскольку минимальная ингибирующая концентрация данного вещества для аспергиллов до сих пор не найдена, есть основания полагать, что аспергиллы могут расти в средах с концентрацией Р₄ более 1%. Это имеет важное практическое значение, поскольку расширяет возможности создаваемого метода. Мы делали попытки увеличивать концентрацию белого фосфора в среде до значений выше 1%. Для этого мы добавляли в среды органические растворители – диметилсульфоксид (ДМСО) и дизельное топливо (жидкая смесь углеводородов C₁₀-C₄₀). Известно, что растворимость белого фосфора в органических растворителях на порядки превосходит таковую в воде. Растворимость в воде составляет 0.0003% при 15°C. Именно по этой причине белый фосфор в культуральной среде находится в состоянии эмульсии, а не раствора. Растворимость в ДМСО составляет при 20°C примерно 0.025%, т.е. выше, чем в воде приблизительно на два порядка (Dautert et al., 1975). Растворимость белого фосфора в соляровом масле при 20°C еще лучше и составляет 12 г/л, или 1.2%. Поэтому, возникла идея увеличивать концентрацию белого фосфора в средах путем добавления в них растворителей.

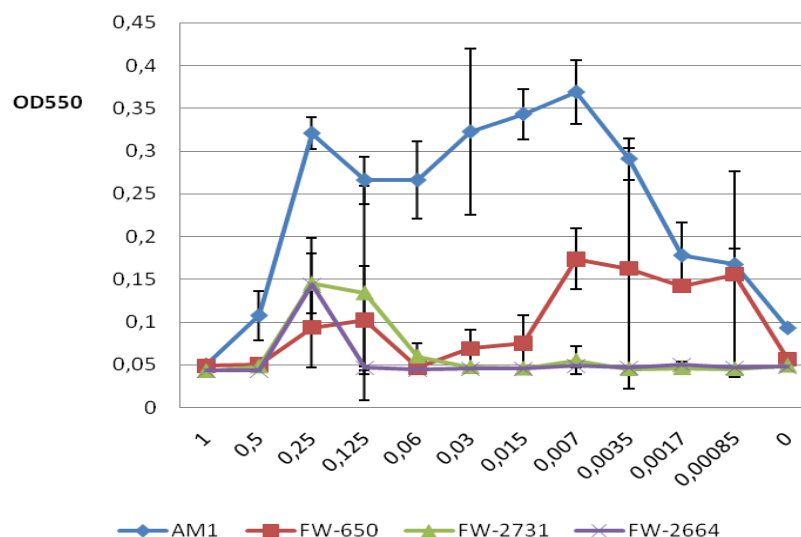


Рис. 1. Рост штаммов *A. niger* в среде с белым фосфором без фосфата, на третьи сутки после посева. Ось абсцисс – концентрация белого фосфора, %. Ось ординат – оптическое поглощение при λ 550 нм. Обращает внимание скорость роста штамма AM1.

В среде с белым фосфором в качестве единственного источника фосфора (рис. 1) наиболее интенсивный рост аспергиллов наблюдается в диапазоне концентраций от 0.25 до 0.0017%. Замедление роста при более высоких концентрациях P_4 объясняется токсическим действием последнего. А замедление роста при более низких концентрациях белого фосфора объясняется нехваткой биогенного элемента фосфора, необходимого для жизнедеятельности. В целом, рост в среде с P_4 в качестве единственного источника фосфора свидетельствует о метаболическом превращении токсичного белого фосфора в биогенный фосфат. В среде с белым фосфором и фосфатом в качестве источника фосфора интенсивность роста аспергиллов возрастает пропорционально снижению концентрации белого фосфора.

Исключая из состава питательной среды сульфат меди, мы опасались, что это сделает ее непригодной для роста микроорганизмов. Известно, какую колоссальную роль играют соли переходных металлов в жизнедеятельности (Хьюз, 1983). Но на практике выяснилось, что в культуральной среде, не содержащей сульфат меди, рост грибов не отличается от роста в контроле с медью (рис. 2).

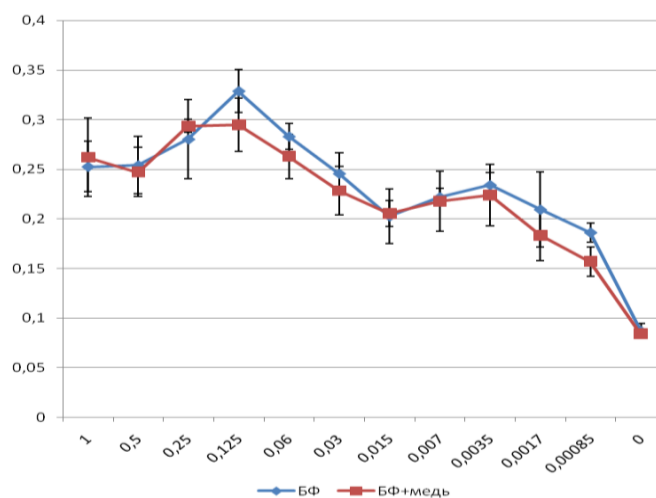


Рис. 2. Рост AM1 на пятые сутки после посева. Видно, что рост в варианте среды с медью и без меди практически одинаковый. Ось абсцисс – концентрация белого фосфора, %. Ось ординат – оптическое поглощение при λ 550 нм.

Следует отметить, что при внесении эмульсии белого фосфора в среду, не содержащую медь, не наблюдалось выпадение черного осадка, отмеченное нами в более ранних работах. Значит, P_4 не вступает в химическую реакцию и сохраняется в среде более длительное время. Этот факт является дополнительным аргументом в пользу того, что имеет место биодegradация белого фосфора, а не химическая нейтрализация ионами меди.

Как хорошо заметно на диаграмме (рис. 3) наиболее оптимальными являются среды №3 и №4.

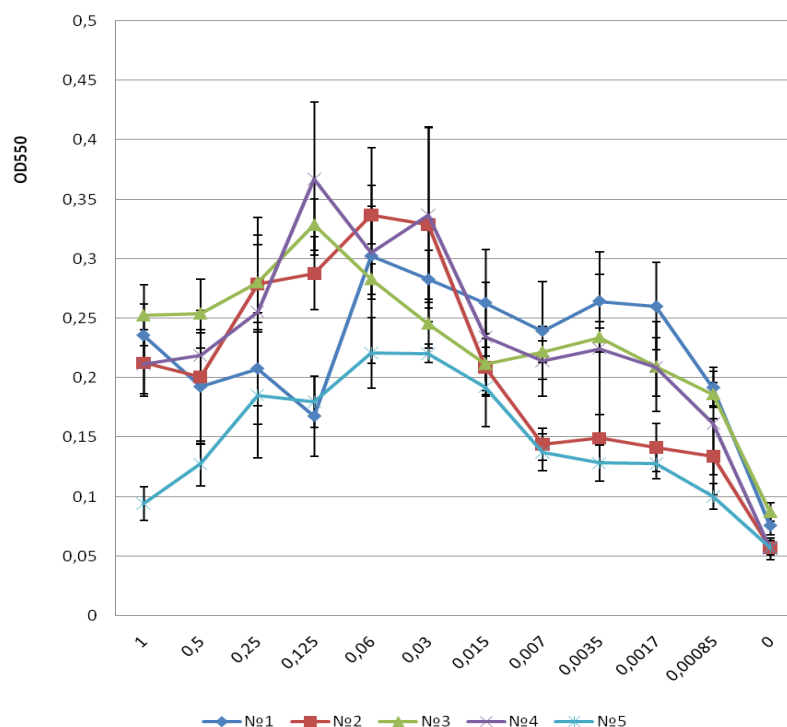


Рис. 3. Сравнение роста AM1 в средах №1-5. Наихудшие показатели роста отмечены в среде №5. Ось абсцисс – концентрация белого фосфора, %. Ось ординат – оптическое поглощение при λ 550 нм.

В обеих средах присутствует нитрат натрия. Наименее благоприятной является среда №5, которая отличается от среды №3 отсутствием $NaNO_3$, заменой его сульфатом аммония (аммонийная форма азота). Из этого результата можно сделать вывод о том, что *A. niger* AM1 предпочитает нитратный азот аммонийному, и что нитрат является важным фактором, благоприятствующим росту данного микроорганизма и биодegradации белого фосфора.

Без источников фосфора и в присутствии ДМСО рост отсутствует. Это легко объясняется отсутствием биогенного фосфата в среде. При добавлении глюкозы, но без фосфора – рост наблюдается с уменьшением концентрации ДМСО. Возможно, глюкоза содержит примесь фосфата. Но ДМСО, к сожалению, подавляет рост. Этот растворитель малотоксичен, но его смеси с водой обладают высокой осмотической активностью, т.е. в средах с ДМСО микроорганизмы испытывают дефицит влаги. В среде с фосфатом, но без глюкозы, наблюдается несколько больший рост на ДМСО. Возможно, без глюкозы включается система использования ДМСО в качестве источника углерода (Murakami-Nitta et al., 2002). Тем не менее, на ДМСО аспергилл растет намного медленнее, чем на глюкозе, поэтому для биодegradации белого фосфора среда такого состава не подходит. Поскольку мы планируем использовать в опытах сочетание ДМСО с глюкозой без фосфата, то это дает возможную концентрацию ДМСО около 1%. Это слишком мало для достижения высоких концентраций

фосфора. Поэтому, растворение белого фосфора в ДМСО не приведет к росту эффективности биodeградации.

Близкий по свойствам к ДМСО полярный органический растворитель диметилформамид (ДМФА) мы не стали испытывать по той причине, что его смеси с водой тоже обладают высокой осмотической активностью, т.е. будут аналогичным образом подавлять рост аспергиллов. К тому же, в сравнении с ДМСО ДМФА намного более токсичный.

Другим потенциальным растворителем для белого фосфора является дизельное топливо. К сожалению, в наших исследованиях не наблюдался рост *A. niger* AM1 в среде с дизтопливом в качестве источника углерода, хотя в контроле (с глюкозой) гриб растет очень хорошо. Таким образом, вопрос об увеличении концентрации белого фосфора в средах выше 1% остается открытым.

Эта работа была выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект 15-29-02629 офу_м и Фонда содействия инновациям, проект № С1-34299.

Список литературы

1. Петросян В.С., Шувалова Е.А. Химия и токсикология окружающей среды // М.: ООО "Буки Веди". 2017. -640 с.
2. Wackett L.P. The Metabolic Pathways of Biodegradation // The Prokaryotes. 2013. Vol.2. P.383-393.
3. Миндубаев А.З. Кто съел полиэтилен? // Наука и жизнь. 2018. № 4. С. 32-38.
4. Миндубаев А.З., Бабынин Э.В., Волошина А.Д., Бадеева Е.К., Минзанова С.Т., Кабирова Г.Г., Шайхутдинов Р.К., Сеницина А.А., Шарипов А.А., Махиянов А.Н., Пискунов Д.Б., Реджепов Д.К., Озерская С.М. Устойчивость штаммов *Aspergillus niger* к белому фосфору, и его генотоксическое действие // Сборник статей международной научно-практической конференции «Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2018», г. Севастополь, 24 - 27 сентября 2018 года. – С. 799-802.
5. Dautert H., Schaffrath W., Scheler H. Die Löslichkeit von farblosem Phosphor in ausgewählten organischen Lösungsmitteln [1] // Zeitschrift für Chemie. 1975. Vol. 15. No. 9. P. 368-369.
6. Хьюз М. Неорганическая химия биологических процессов // М.: Мир. 1983. - 416 с.
7. Murakami-Nitta T., Kurimura H., Kurimura K., Kino K., Usami S. Continuous degradation of dimethyl sulfoxide to sulfate ion by *Hyphomicrobium denitrificans* WU-K217 // J Biosci Bioeng. 2002. Vol. 94. No. 1. P. 52-56.

EFFECT OF CULTURAL MEDIUM COMPOSITION ON WHITE PHOSPHORUS BIODEGRADATION

A.Z. Mindubaev¹, E.V. Babynin², E.K. Badeeva¹, S.T. Minzanova¹, L.G. Mironova¹

¹State Budgetary-Funded Institution of Science A.E. Arbutov Institute of Organic and Physical Chemistry of Kazan Scientific Center of Russian Academy of Sciences

e-mail: mindubaev@iopc.ru; mindubaev-az@yandex.ru

²Kazan (Volga region) federal university, Kazan

Abstract

Comparing the compositions of the media and the growth rate of aspergills in them, we found a key component that is a favorable factor for the growth of the AM1 strain and the biodegradation of white phosphorus. This component was sodium nitrate NaNO₃. It has also been shown that copper sulphate CuSO₄ has no effect on the growth of aspergills in a media with white phosphorus, regardless of the composition of these media.

К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ РАБОТ ПО ФАКТОРУ ВЗРЫВА СУЛЬФИДНОЙ ПЫЛИ

Н.А. Митишова

ИПКОН РАН, Москва, 111020, Россия, e-mail: geo-science@mail.ru

В современных условиях роль государства во многом определяется состоянием его минерально-сырьевой базы и наличием комплекса средств, необходимых для ее безопасного поддержания и развития [1]. Придерживаясь этих принципов, Россия стремится к безопасному, экологически эффективному и рациональному использованию своих природных богатств. С этой точки зрения, процесс освоения недр, сохраняя свое значение, как основы экономики, приобретает еще большую роль в обеспечении оборонной и национальной безопасности страны. Минерально-сырьевая база России служила и служит материальной основой укрепления экономики в разные периоды истории. В связи с этим устойчивое развитие горнодобывающего сектора призвано удовлетворять потребности современных и будущих поколений людей – это и есть базовый принцип устойчивого развития в соответствии с классическим определением ООН [2,3]. Устойчивое развитие обеспечивает достижение эффективной жизнедеятельности общества и базируется на материально-техническом, экономическом, экологическом и социальном обеспечении, что требует соблюдение жесткого баланса этих факторов [4]. Устойчивое развитие общества неразрывно связано с устойчивым функционированием горнотехнических систем (в прикладном аспекте – горных предприятий, обеспечивающих современное общество всеми необходимыми ресурсами земных недр) [5].

Произошедшие в России изменения в научном мировоззрении, выражающиеся, прежде всего, в гуманизации знаний и утверждении принципа системности в их развитии, вызывают необходимость обратиться к горным наукам и с современных позиций рассмотреть их предмет, содержание и новые задачи, обращаясь к теоретическим предпосылкам устойчивого развития. Безусловно, существенно изменились природные условия горного производства, появились обстоятельства, ранее не принимавшиеся во внимание, такие, как условия мирового рынка минерально-сырьевых товаров и требования к обеспечению экологической и промышленной безопасности горного производства [6].

За последние годы рост и интенсификация горных работ в России приводит к значительному загрязнению среды обитания человека, увеличению контакта с загрязняющими веществами природных экосистем: атмосферы, гидросферы и литосферы. В связи с этим, особую значимость приобретает контроль объектов окружающей среды и, в первую очередь, состояние воздушной атмосферы на поверхности и в самих горно-технических системах. В решении этой проблемы важную роль играет, прежде всего, оценка вида и концентрации рудничной пыли, присутствующей в атмосфере подземного рудника. Необходимо отметить, что рудничная пыль взрывоопасна, что является ключевым фактором в выборе параметров безопасного ведения горных работ.

В горном деле для предотвращения пылеобразования, преимущественно, применяют мокрое бурение шпуров (скважин) и орошение. Однако, эти методы не позволяют улавливать и осажать пыль в той мере, которая требуется. На сегодняшний день очевидным является факт, что проблема пылеобразования с изучением условий формирования и свойств рудничной атмосферы, включая оценку состава и размера

техногенных наночастиц, находится на стадии накопления информации и поиска новых идей [7,8].

На рисунках 1 и 2 приведена статистика за последние годы по взрывам сульфидной пыли в зависимости от содержания серы в руде при разработке колчеданных месторождений с различной степенью тяжести последствий подобного рода инцидентов и аварий: от оплавления вентиляционных рукавов, простоев оборудования до летального исхода.

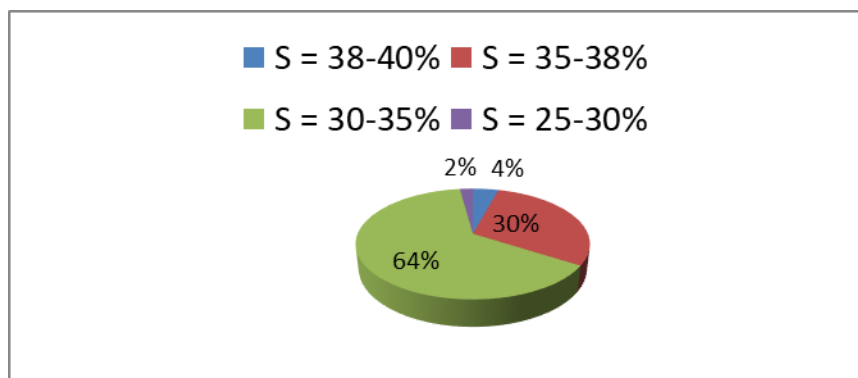


Рис. 1. Доля взрывов сульфидной пыли, в % на ОАО «Гайский ГОК» в период с 2010 по 2014 гг. в зависимости от содержания серы в руде

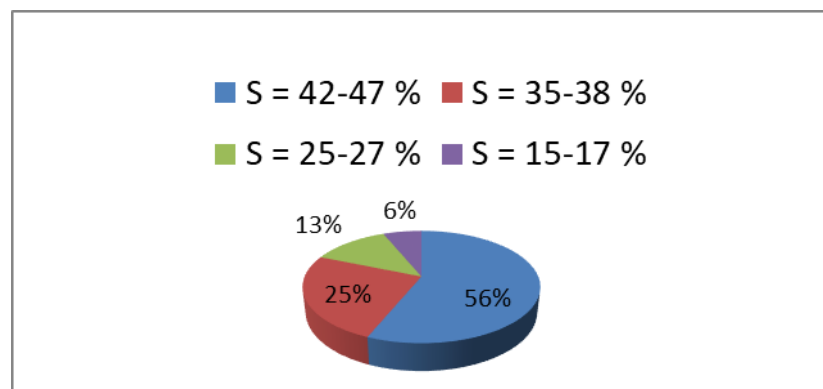


Рис. 2. Доля взрывов сульфидной пыли на ОАО «Учалинский ГОК» в период с 2009 по 2014 гг. при различных содержаниях серы в руде

Анализ статистических данных, приведенных на рисунках показывает, что прямой корреляции между содержанием серы в руде и частотой аварий не наблюдается. Здесь требуется более глубокий анализ создания на предприятии системы промышленной безопасности.

На сегодняшний день проблема обеспечения безопасности на колчеданных рудниках по фактору взрывчатости сульфидной пыли и получила новое развитие. Согласно «Инструкции по предупреждению взрывов сульфидной пыли ...» [9] нижний взрывоопасный предел содержания серы в руде равен 35%. В связи с этим, повышенное внимание по фактору обеспечения пылевзрывобезопасности, ранее было сосредоточено на рудниках с критическим содержанием серы. Однако на сегодняшний день обозначена тенденция возникновения взрывов или вспышек сульфидной пыли при ведении буровзрывных работ на месторождениях с содержанием серы менее 35% (см. Рис 1 и 2). Следует отметить, что разработанные в советское время технические, методические и практические решения по обеспечению безопасности горных работ не могли учитывать современное изменение минерально-сырьевой базы страны, возможностей современного горнодобывающего оборудования и не адаптированы к новым условиям.

Наиболее важные исследования в области изучения взрывов сульфидной пыли были выполнены Э.И. Чернявским, В.А. Захаровым, А.С. Алешиним, В.Н. Бекчиу, Н.С. Бахаревичем, а также в Магнитогорском горно-металлургическом институте под руководством проф. В.М. Огиевского. Значительный вклад в изучение данного вопроса также внесли В.И. Смирнов, В.А. Ярцин, В.Н. Рыжков, Л.М. Ягнышева, В.Я. Манаков, Г.П. Параманов и др. Созданный научно-методический задел является базисом обеспечения устойчивой эксплуатации объектов минерально-сырьевого комплекса и социальной стабильности в горнопромышленных регионах, но должен быть скорректирован с учетом эффективного использования потенциала минерально-сырьевой базы России, ее сбережения и обеспечения экологической и промышленной безопасности [10].

Безопасность жизнедеятельности человека в производственной среде всегда была связана с опасностью и возникновением несчастных случаев, заболеваний и производственного травматизма. Практически любой производственный процесс в большей или меньшей степени связан с риском для здоровья трудящихся. Именно поэтому любое предприятие обязано обезопасить своих сотрудников. Обеспечение безопасности ведения горных работ всегда должно являться первостепенной задачей руководства. Безусловно, обмен практическими и теоретическими знаниями между специалистами горных предприятий, разрабатывающих колчеданные месторождения, и научных сотрудников, будет способствовать разработке норм и правил промышленной и экологической безопасности, включая обязательные требования по предупреждению взрывов сульфидной пыли на подземных рудниках.

Все это позволит снизить негативное воздействие сульфидной пыли на повышенный уровень опасности подземных рудников тем самым будет способствовать устойчивому функционированию всей горнотехнической системы и экологически сбалансированному и безопасному освоению недр.

Работа выполнена в рамках бюджетного финансирования ИПКОН РАН (тема №0138-2014-0001)

Список литературы:

1. Комплексное освоение недр: Перспективы расширения минерально-сырьевой базы России. Под редакцией акад. РАН К.Н. Трубецкого, академика РАН В.А. Чантурия, чл.-корр. РАН Д.Р. Каплунова. – М., 2009. – 456 с.
2. A guide to leading practice sustainable development in mining, Australian Government Department of Resources, Energy and Tourism, 2011 URL: <http://www.industry.gov.au/resource/Documents/LPSDP/guideLPSD.pdf>
3. Bruntland, G. (ed.), (1987), "Our common future: The World Commission on Environment and Development", United Nations, Oxford University Press.
4. Горное дело: Терминологический словарь / Под научной редакцией акад. РАН К.Н. Трубецкого, чл.-корр. РАН Д.Р. Каплунова. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство "Горная книга", 2016. – 635 с.
5. Каплунов Д.Р. и др. Реализация концепции устойчивого развития горных территорий - базис расширения минерально-сырьевого комплекса России // Устойчивое развитие горных территорий, 2015. - №3. – с.46-50.
6. Анферов Б.А. и др. Состояние и перспективы развития государственно-частного партнерства в контексте комплексного освоения недр. Москва – Кемерово, 2015. – 331 с.
7. Руководство по контролю вредных веществ в воздухе рабочей зоны: Справ. изд./ С.И. Муравьев, М.И. Буковский, Е.К. Прохорова и др. – М.: Химия, 1991. - 368 с.
8. Наночастицы в процессах разрушения и вскрытия геоматериалов. В.А. Чантурия, К.Н. Трубецкой, С.Д. Викторова, И.Ж. Бунин. – М., 2006. – 216 с.

9. Инструкция по предупреждению взрывов сульфидной пыли на подземных рудниках, разрабатывающих пиритосодержащие колчеданные руды / СССР, 1991. - 26 с.
10. Развитие ресурсосберегающих и ресурсовоспроизводящих геотехнологий комплексного освоения месторождений полезных ископаемых /Под научной редакцией акад. РАН К.Н. Трубецкого. – М.: ИПКОН РАН, 2012, - 205 с.

**TO THE QUESTION OF UNDERGROUND MINING INDUSTRIAL SAFETY
ASSESSMENT BY A SULFIDE DUST EXPLOSION FACTOR**

N.A. Mitishova

ICEMR RAS, Moscow, 111020, Russia, e-mail: geo-science@mail.ru

Abstract

The formation of sulfide dust in the processes of underground mining, and its accumulation lead to the risk of emergency situations, up to the death of people, which leads to disruption of the functioning of the mine. At one time, the Soviet scientific school of labor protection created a serious scientific and methodological reserve to prevent explosions of sulphide dust, as a result of accidents after the explosion of sulphide dust was minimized. However, previously developed technical, methodological and other solutions to ensure occupational safety did not take into account the trend of depletion of the mineral resource base, the capabilities of modern mining equipment, blasting agents and are not adapted to the new conditions.

ТЕРРИТОРИАЛЬНЫЙ, ВИДОВОЙ И ПРИРОДООХРАННЫЙ АНАЛИЗ ТЕРИОФАУНЫ ТАШКЕНТСКОЙ ОБЛАСТИ

Ю.О. Митропольская

Институт зоологии АН РУз, Ташкент, 100053, Республика Узбекистан,

e-mail: yuliya.mitropolskaya27@gmail.com

Узбекистан – страна с интенсивно развивающейся экономикой и высокой плотностью народонаселения. Развитие сельского хозяйства, животноводства, добывающей, перерабатывающей промышленности и коммуникаций в определенной степени отражается на состоянии всего биоразнообразия. В результате хозяйственной деятельности происходят значительные изменения природных условий страны. На фоне интенсивного экономического и социального развития, сохранение и устойчивое использование природной среды и биоресурсов становится все более актуальной задачей и является одним из приоритетных направлений государственной политики Узбекистана.

Система охраны и использования биоресурсов в Узбекистане имеет четкую административную структуру. В ее основе лежит инвентаризация и оценка современного состояния фауны, что позволяет начать разработку системы мониторинга как инструмента для сохранения и устойчивого использования биоразнообразия [1].

Инвентаризация современного состояния фаун в разрезе административных областей до настоящего времени в Узбекистане не проводилась. Поэтому существует объективная необходимость разработать стандартные методы и подходы к инвентаризации на примере одной из административных областей, с последующим распространением опыта на другие области страны.

Разнообразие позвоночных животных столичного региона Узбекистана - Ташкентской области - за последние 10-15 лет претерпело значительные качественные и количественные изменения, связанные с интенсивным хозяйственным освоением территорий. С учетом этого, в 2018 году Институтом зоологии Академии наук Республики Узбекистан начата реализация прикладного проекта «Инвентаризация и оценка современного состояния фауны позвоночных животных Ташкентской области как основа создания системы мониторинга биоресурсов». Проект направлен на разработку мер по устойчивому использованию биоресурсов для обеспечения экологической безопасности населения.

Одной из задач проекта являлось проведение территориально-видового анализа фауны млекопитающих в пределах Ташкентской области, результаты которого представлены в данной статье. Анализ включал оценку степени охвата исследованиями всего видового разнообразия териофауны, наиболее значимых категорий видов (редкие, находящиеся под угрозой исчезновения, эндемичные, экономически значимые), их распределения по экосистемам и местам обитания.

В качестве источников информации для анализа послужили: научные публикации; материалы научных зоологических коллекций; региональные и национальные отчеты о полевых исследованиях Трансграничного проекта ГЭФ по сохранению биоразнообразия Западного Тянь-Шаня; материалы отчетов Института зоологии АН РУз за 2010-18 гг.; результаты мониторинговых исследований Угам-Чаткальского биосферного резервата за 2016-18 гг.; опросные данные природопользователей; данные полевых выездов автора за 1986-2019 гг.

Результаты зоологических исследований по териофауне Ташкентской области за последние 15-20 лет в основном представляют собой разрозненные сведения по характеру и особенностям распространения, состоянию численности, уровню охраны

отдельных видов на локальных территориях [2, 3, 4, 5, 6, 7].

Для проведения территориально-видового анализа компонентов териофауны области создана база данных на основе стандартного офисного приложения Excel 2003, позволяющая конвертировать данные в программу ArcGIS. При заполнении базы данных использовались компьютерные программы «SAS Planet» и «Google Earth». Для последующего анализа экосистемного распределения фауны составлен перечень основных типов экосистем и характерных местообитаний Узбекистана. Основой этого перечня послужили следующие источники: Официальный перечень местообитаний для ведения Красных Списков [8], Важнейшие орнитологические территории Узбекистана [9], Пятый Национальный доклад Республики Узбекистан о сохранении биологического разнообразия [10].

По результатам зоологических исследований на территории Ташкентской области зарегистрировано 67 видов млекопитающих, относящихся к 6 отрядам (табл. 1). Общее количество отмеченных видов млекопитающих составляет 61,5% всего разнообразия фауны млекопитающих Узбекистана, что является достаточно высоким показателем биоразнообразия данной территории и свидетельствует о ее высокой природоохранной значимости.

Таблица 1

Видовое разнообразие фауны млекопитающих Ташкентской области

Отряд	Количество видов		% видового разнообразия в области	
	Всего	Из них редких	От фауны страны	Из них редких
Насекомоядные <i>Insectivora</i>	3	1	60,0	33,0
Рукокрылые <i>Chiroptera</i>	14	2	70,0	14,3
Зайцеобразные <i>Lagomorpha</i>	2	1	100,0	50,0
Грызуны <i>Rodentia</i>	25	7	58,1	28,0
Хищные <i>Carnivora</i>	18	9	69,2	50,0
Парнокопытные <i>Perissodactyla</i>	5	2	41,7	40,0
Итого	67	22	61,5	32,8

К различным категориям редких и находящихся под угрозой исчезновения нами отнесено 22 вида, что составляет 32,8% териофауны области. С одной стороны, это свидетельствует о богатстве и древности фауны, с другой – показывает значительный уровень угроз, которым подвергается третья часть видов млекопитающих региона.

Шесть видов из этого списка (28,6%) – малый подковонос *Rhinolophus hipposideros*, широкоухий складчатогуб *Tadarida teniotis*, сурок Мензбира *Marmota menzbieri*, тяньшанский бурый медведь *Ursus arctos isabellinus*, туркестанская рысь *Lynx lynx isabellina*, снежный барс *Panthera uncia* - занесены в национальную Красную книгу [11].

Семь видов (31,8%) - сурок Мензбира, тушканчик Виноградова *Allactaga vinogradovi*, красный волк *Cuon alpinus*, перевязка *Vormela peregusna*, манул *Otocolobus manul*, снежный барс, архар *Ovis ammon* - в списке глобально угрожаемых видов МСОП [8]. Как видно, только 2 из 7 глобально угрожаемых видов млекопитающих, обитающих на территории области – сурок Мензбира и снежный барс - занесены в национальную Красную книгу.

Еще 11 видов - многозубка-малютка *Suncus etruscus*, красная пищуха *Ochotona rutila*, красный сурок *Marmota caudata*, большой тушканчик *Allactaga major*, краснохвостая *Meriones libycus*, полуденная *M. meridianus*, большая песчанки *Rhombomys*

opimus, корсак *Vulpes corsac*, степной хорек *Mustela eversmanni*, камышовый кот *Felis chaus*, марал *Cervus elaphus sibiricus* - оценены нами как редкие или находящиеся под угрозой исчезновения для территории Ташкентской области на основании проведенных исследований. На настоящий момент эти виды не имеют официального природоохранного статуса.

На территории Ташкентской области представлены эндемичные виды и подвиды животных среднеазиатского происхождения. Региональные эндемики составляют около 12% (8 видов и подвидов) от общего количества видов териофауны области. В список редких и находящихся под угрозой исчезновения включено 6 (75% эндемиков области) эндемичных видов (подвидов) – красная пищуха, сурок Мензбира, тушканчик Виноградова, дальверзинский подвид большой песчанки *Rh. o. dalversinicus*, изолированный высокогорный подвид перевязки, тяньшанский горный баран *O. a. karelini*. Состояние еще двух эндемиков – бухарского подковоноса *Rhinolophus bocharicus* и реликтового суслика *Spermophilus relictus* на территории области не вызывает опасений.

По результатам проведенного анализа в отдельную категорию – «экономически значимые» - выделены виды млекопитающих, имеющие хозяйственное значение. К объектам спортивной или промысловой охоты, рекомендованным к устойчивому использованию на территории области, отнесено 15 видов млекопитающих (ресурсные виды). Кроме того, к категории экономически значимых отнесены также виды - вредители сельского хозяйства и виды, имеющие медицинское значение как носители природных инфекций. Всего к этой категории отнесено 17 видов – 25,4% всех млекопитающих области, относящиеся к 4-м отрядам. Зайцеобразные представлены 1 видом, Грызуны – 5, Хищные – 8, Парнокопытные – 3-мя экономически значимыми видами.

Ташкентская область включает большое разнообразие ландшафтов и природных экосистем. В пределах этой территории выделено 7 основных типов экосистем с характерными местами обитаниями (табл. 2).

Каждая экосистема характеризуется набором типичных местообитаний и определенными фаунистическими комплексами. Фаунистические комплексы современного населения млекопитающих различных экосистем выделены нами с учетом ландшафтных и местных экологических особенностей, а также антропогенной трансформации территорий. В состав фаунистических комплексов входят как характерные для данного местообитания, так и широко распространенные виды млекопитающих, встречающиеся в различных типах экосистем. Кроме того, характерными для определенного фаунистического комплекса могут быть как массовые виды млекопитающих, так и редкие или находящиеся под угрозой исчезновения, а также эндемичные.

Наибольшее количество редких и угрожаемых видов млекопитающих Ташкентской области сосредоточено в среднегорных и высокогорных местах обитания – более 57% видов данной категории (табл. 3). Для подгорных равнин и адыров отмечается 28,6% редких и угрожаемых видов млекопитающих. Однако необходимо отметить, что значительная их часть – это виды, находящиеся на грани исчезновения для территории области. Их численность и ареалы катастрофически сократились, что связано с интенсивным хозяйственным освоением этих экосистем.

Определенный интерес представляет фауна млекопитающих песчаных массивов. В пределах Ташкентской области это Дальверзинский песчаный массив – изначально достаточно обширный песчаный участок древнего происхождения, образовавшийся в результате наноса речных песков рекой Сырдарья. В настоящее время площадь песчаного массива значительно сократилась в результате сельскохозяйственного освоения прилегающих территорий, сам участок подвергается выпасу в течение

большей части года. На территории Дальверзинских песков сохранились три вида песчанок, которые для территории области оценены нами как редкие или уязвимые.

Таблица 2

Основные типы естественных экосистем Ташкентской области
и характерные виды фаунистических комплексов

Основные типы естественных экосистем и местообитаний	Характерные виды
1. Речные долины	
Пойменные экосистемы	малая белозубка <i>Crocidura suaveolens</i> , ушастый еж <i>Hemiechinus auritus</i> , гребенщикова песчанка <i>Meriones tamariscinus</i> , ондатра <i>Ondatra zibethicus</i> , пластинчатозубая крыса <i>Nesokia indica</i> , шакал <i>Canis aureus</i> , барсук <i>Meles meles</i> , американская норка <i>Neovison vison</i> , камышовый кот, кабан <i>Sus scrofa</i>
Песчаные массивы - участки, образовавшиеся путем наноса речных песков крупных рек	ушастый еж, краснохвостая песчанка, полуденная песчанка, лисица <i>Vulpes vulpes</i>
2. Водоемы	
Водно-болотные территории	нутрия <i>Myocastor coypus</i> , ондатра, гребенщикова песчанка, пластинчатозубая крыса, барсук, камышовый кот
3. Предгорья	
Подгорные равнины и адыры - глинистые предгорья Западного Тянь-Шаня	желтый суслик <i>Spermophilus fulvus</i> , восточная слепушонка <i>Ellobius tancrei</i> , краснохвостая и гребенщикова песчанки, большой тушканчик, корсак, степной хорек, степная кошка <i>Felis libyca</i>
4. Низкогорья	
Древесно-кустарниковые местообитания и саваноиды ниже пояса горного леса	индийский дикобраз <i>Hystrix indica</i> , желтый суслик, восточная слепушонка, серый хомячок <i>Cricetulus migratorius</i> , лисица, кабан
5. Среднегорья	
Горный лиственный лес; Арчовый лес; Среднегорные луга; Скалы и осыпи;	заяц-толай <i>Lepus tolai</i> , индийский дикобраз, лесная соня <i>Dryomys nitedula</i> , малая лесная мышь <i>Sylvaemus uralensis</i> , туркестанская крыса <i>Rattus turkestanicus</i> , арчовая полевка <i>Microtus carruthersi</i> , тяньшанский бурый медведь, барсук, каменная куница <i>Martes foina</i> , туркестанская рысь, кабан, сибирская косуля <i>Capreolus pygargus</i>
6. Высокогорья	
Субальпийские луга; Альпийские луга; Нивальный пояс	реликтовый суслик, красный сурок, сурок Мензбира, серебристая полевка <i>Alticola argentatus</i> , арчовая полевка, красная пищуха, горноста́й <i>Mustela erminea</i> , перевязка, снежный барс, сибирский горный козел <i>Capra sibirica</i> , тяньшанский горный баран
7. Антропогенные территории	
Населенные пункты всех типов и урбанизированные территории	восточная слепушонка, домовая мышь <i>Mus musculus</i> , серая крыса <i>Rattus norvegicus</i> , шакал

Краснохвостая песчанка в пределах области распространена крайне локально - обитает в изолированных поселениях в адырах в окрестностях города Красногорск и в Дальверзинских песках. Отдельные находки имеются по левобережью р. Келес. Вид крайне малочислен. В островных Дальверзинских песках правобережья р. Сырдарьи процент попадания в давилки в среднем – 0,8. Для территории области вид оценен нами, как уязвимый, сокращающийся.

Полуденная песчанка в пределах области распространена только в Дальверзинских песках. Общая площадь поселения здесь составляет порядка 300 га. Средняя многолетняя численность вида на данном участке – 5,8% попадания. Общая численность может быть оценена в 2000 особей. Для территории области вид оценен нами как редкий, сокращающийся, локально распространенный.

Эндемичный подвид большой песчанки, который в прошлом был распространен локально в Дальверзинских песках, в настоящее время практически исчез с территории области.

Таблица 3

Распределение млекопитающих по основным типам экосистем
Ташкентской области

Типы экосистем и местообитаний	Количество редких и находящихся под угрозой исчезновения видов (22)	Количество экономически значимых видов (17)
Пойменные местообитания	2	7
Песчаные массивы	3	2
Водно-болотные территории	1	7
Подгорные равнины и адыры	7	8
Низкогорья	1	9
Горный лиственный лес	2	10
Арчевый лес	3	9
Среднегорные луга	6	7
Скалы и осыпи	4	3
Субальпийские луга	11	5
Альпийские луга	7	3
Нивальный пояс	1	1
Населенные пункты	-	2
Пахотные земли	-	1
Сады и виноградники	1	1
Неудобья	3	3

Распределение экономически значимых видов млекопитающих по экосистемам и местам обитания обусловлено их большей, по сравнению с редкими видами, экологической пластичностью (табл. 3). Большинство видов этой категории обитает в 2-х и более типах экосистем. Но характер их распределения сходен с редкими видами: наибольшее количество сосредоточено в горных местообитаниях – 87%; на подгорных равнинах и адырах - 53%; в пойменных и водно-болотных местообитаниях - по 47%.

Результаты проведенного территориального, видового и природоохранного анализа териофауны послужат основой разработки подходов к выделению ключевых участков для проведения мониторинга и устойчивого использования биоресурсов Ташкентской области.

Список литературы:

1. Kashkarov R.D., Mitropolskaya Yu.O., Grytsyna M.A., Ten A.G., Abdurupov T.B. Methods and approaches to the inventory of the regional fauna of Uzbekistan // International Journal of Zoology Studies. – 2019. (in print)
2. Кашкаров Р.Д. Современное состояние и ресурсы фауны хищных млекопитающих (Canidae, Ursidae, Mustelidae) Западного Тянь-Шаня // Биоразнообразие Западного Тянь-Шаня: охрана и рациональное использование. – Ташкент: Chinor ENK, 2002. – С. 115-121.
3. Региональный план сохранения биоразнообразия Западного Тянь-Шаня. – Алматы-Бишкек-Ташкент, 2005. – 222 с.
4. Митропольский О.В. Центральноеазиатский Трансграничный Проект ГЭФ/ВБ по сохранению биоразнообразия Западного Тянь-Шаня: Материалы к изучению птиц и млекопитающих в бассейне рек Чирчик и Ахангаран (Узбекистан, Казахстан). – Алматы-Бишкек-Ташкент, 2005. – 166 с.
5. Есипов А. В., Головцов Д.Е., Быкова Е. А. Материалы к фауне млекопитающих и птиц западной части Чаткальского хребта по данным фотоловушек // Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование. – 2015. – Том 1. № 1 (1). – С. 141-150.
6. Лановенко Е.Н., Тожибаев К.Ш., Митропольская Ю.О., Мирзаев У.Т. Рекомендация по проведению мониторинга растительного и животного мира при осуществлении проектов по строительству и эксплуатации линейных объектов в горных районах Узбекистана (на примере электрифицированной железнодорожной линии Ангрэн – Пап). – Ташкент, 2017. – 48 с.
7. Mitropolskaya Yu. Key biodiversity areas (КБА) as a basis for mammalian fauna conservation in Uzbekistan // Uzbek Biological Journal. – 2018. – № 1. – P. 41-46.
8. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2019-1. <www.iucnredlist.org>
9. Важнейшие орнитологические территории. Под редакцией Р.Д. Кашкарова, Д.Р. Уэлша и М. Бромбахера. – Ташкент, 2008. – 192 с.
10. Пятый Национальный доклад Республики Узбекистан о сохранении биологического разнообразия. ПРООН/ГЭФ/Госкомприроды. – Ташкент, 2015. – 66 с.
11. Красная книга Республики Узбекистана. Том 2. Животные. – Ташкент: “Chinor ENK”, 2009. – 215 с.

**TERRITORIAL, SPECIFIC AND NATURE PROTECTIONAL ANALYSIS
OF TERIOFAUNA OF THE TASHKENT REGION**

Yu.O. Mitropolskaya

*Institute of Zoology of the Academy of Sciences of Uzbekistan,
Tashkent, 700053, The Republic of Uzbekistan,
e-mail: yuliya.mitropolskaya27@gmail.com*

Abstract

The results of the territorial-specific analysis of the teriofauna of the Tashkent region are presented. The studies were conducted as part of grant from the Institute of Zoology of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan. 22 species (32.8%) of mammals are included in various categories of rare and threatened species. 17 species (25.4%) are economically significant. More than 57% of threatened and 87% of economically significant species are concentrated in the mountain habitats of the region.

СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ, НАДЕЖНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ТРАНСПОРТНЫХ ЯДЕРНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

О.В. Митрофанова^{1,2}, О.А. Ивлев², Д.С. Уртенев², В.С. Устинов²

¹*Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ,
Москва, 142115, Россия, e-mail: omitr@yandex.ru*

²*Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт»,
Москва, 123182, Россия, e-mail: Urtenov_DS@nrcki.ru*

Целью проводимых исследований является научное обоснование способов повышения теплогидравлической эффективности и надежности работы транспортных ядерных энергетических установок (ЯЭУ) нового поколения, обеспечивающих повышенный ресурс их безопасной эксплуатации в течение срока, приближенного к сроку службы корабля.

Большинство ядерных реакторов судов Атомфлота и ВМФ относятся к водяным реакторам (типа ВВЭР), получившими свое название благодаря тому, что вода под давлением, охлаждающая ядерный реактор на тепловых нейтронах, является одновременно и теплоносителем, и замедлителем нейтронов. В силу этого обстоятельства система регулирования мощности реактора, а также системы обеспечения безопасности ЯЭУ находятся в прямой зависимости от состояния теплоносителя и динамики изменения теплогидравлических параметров всей ядерной энергетической установки как сложной гидромеханической системы. Особенностью транспортной ЯЭУ является необходимость обеспечения ее безотказной работы в динамических режимах при маневрировании судна.

Указанная специфика выдвигает на первый план следующие направления теплофизических исследований в области гидродинамики и теплообмена транспортных ЯЭУ:

- выявление механизмов генерации закрутки потока и вихревой структуризации течений в сложных каналах многоконтурной циркуляции теплоносителя и рабочих сред и их влияния на безопасность и надежность работы транспортных ЯЭУ;
- выявление причин, вызывающих эффект снижения теплогидравлической эффективности ЯЭУ при повышении мощности ядерного реактора, и предложение способов его устранения;
- исследование механизмов генерации акустических колебаний и виброшумовых эффектов в теплогидравлическом контуре и других системах ЯЭУ.

Предшествующие экспериментально-теоретические исследования, результаты которых представлены, в частности, в работах [1-3], показали, что определяющим фактором в формировании крупномасштабной вихревой структуры потока является сложная геометрия различных элементов теплогидравлического тракта ЯЭУ, включающего в себя коллекторную систему, парогенераторы и систему компенсации давления (КД).

Так, анализ данных многолетних теплофизических измерений, снятых при мониторинге различных режимов работы судовых ЯЭУ показал, что в некоторых случаях фиксируются аномальные распределения полей давления и температуры в активных зонах ядерных реакторов и в трубопроводных системах КД, что указывает на формирование крупномасштабных вихреобразований [4]. С помощью проведенных вычислительных экспериментов, например, удалось установить, что физические условия, способствующие генерации закрутки потока и возникновению локальных температурных аномалий в системах КД, связаны с наличием конструктивных элементов, сочетающих в себе диффузорное расширение проходного сечения и изгибы каналов.

Показательным параметром при исследовании динамики вихревого движения в каналах сложной формы является параметр спиральности H [4, 5]. По определению, данному в работе [4], параметр спиральности H является скалярным произведением: $H = \vec{u} \cdot \vec{\omega}$, где \vec{u} - локальная скорость потока, $\vec{\omega} = \text{rot } \vec{u}$ - вектор вихря скорости в данной точке потока. В работе [5] было показано, что параметр спиральности H может быть использован для описания процесса формирования устойчивой вихревой структуризации потока при спирально-вихревом (закрученном, вращательно-поступательном) движении жидкости.

В качестве примера на рисунке 1 представлены распределения параметра спиральности H в различных сечениях изогнутого трубопровода компенсатора давления с предвключенным диффузорным участком. Расчеты проводились с помощью универсальной программной системы ANSYS и использования модели турбулентности $k-\omega$ SST.

Приведенные иллюстрации показывают, что в области диффузорного расширения канала (рис. 1 а, б, в) формируются два спиральных вихря с противоположной киральностью (направлением вращения). Причем, если на входе (рис. 1 а) и выходе (рис. 1 в) диффузора интенсивность вихря с правовинтовой закруткой (положительной киральностью) превосходит интенсивность вихря с левовинтовым вращением, то в центральной части диффузора (рис. 1 б) - картина обратная, и вихрь с отрицательной киральностью (левовинтовым вращением) становится преобладающим.

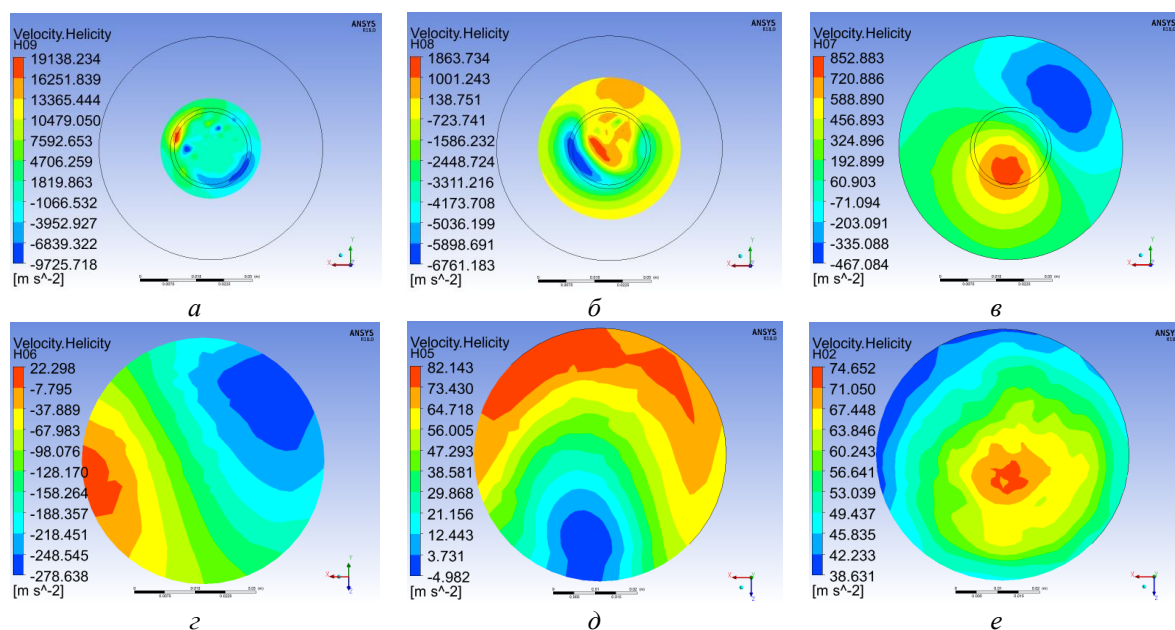


Рис.1. Распределения полей спиральности H в различных сечениях трубопровода компенсатора давления на участке переменного проходного сечения перед поворотом канала на 90^0 :
 а, б, в - в области диффузорного расширения канала по ходу течения; г, д – на прямолинейном участке в сечениях между выходом из диффузора и перед изгибом канала на 90^0 ;
 е – на участке после изгиба с формированием однонаправленной закрутки потока.

Результаты расчетов, представленные на рис. 1 г, д, относящиеся к двум сечениям ниже по течению после выхода из диффузорного участка перед поворотом канала на 90^0 в вертикальном направлении, показывают, что спиральность резко изменяет свой знак на малом пространственном промежутке по длине канала. Это может соответствовать двум случаям течения: либо направление закрутки меняется на противоположное при неизменном направлении продольного течения, либо закрутка сохраняется в том же направлении, но течение становится реверсивным, т.е. осуществляется возвратное течение. Полученные в расчетах 3-х мерные картины скоростного поля течения указывают на второй вариант.

Расчеты также показали, что в рассматриваемом элементе конструкции трубопровода КД при заданном изменении мощности ядерного реактора поле течения нестационарно, и характер его изменения указывает на формирование автоколебаний, что, в свою очередь, может порождать нарастание вибрационного процесса как в самой системе компенсации давления, так и в других элементах транспортной ЯЭУ.

Эффект снижения теплогидравлической эффективности паропроизводящей установки (ППУ) при повышении тепловой мощности ядерного реактора (ЯР) был выявлен на основании данных мониторинга эксплуатационных режимов ледокольных ЯЭУ. Суть этого эффекта можно пояснить с помощью иллюстраций, представленных на рис. 2.

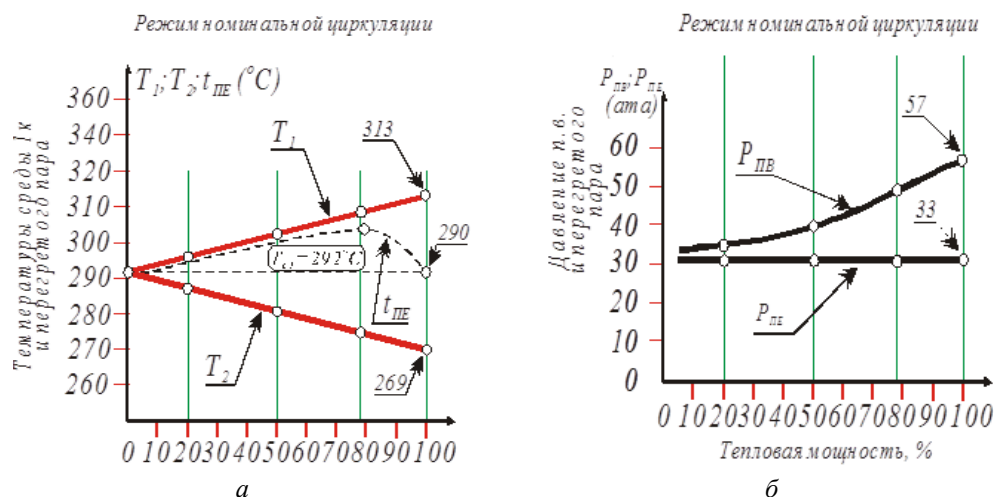


Рис. 2. Изменение теплогидравлических характеристик ППУ при увеличении мощности реактора: а – графики изменения температур теплоносителя на входе в реактор T_1 , на выходе из реактора T_2 и перегретого пара t_{PE} в зависимости от уровня мощности ППУ; б – изменение давления питательной воды $P_{ПВ}$ и давления перегретого пара $P_{ПЕ}$ во втором контуре при изменении мощности ЯР.

На рис. 2 а показано, что в интервале мощностей от 10 до 50 % от номинальной ($N_{ном} = 100\%$) температура перегретого пара t_{PE} растет линейно, следуя за повышением температуры T_1 теплоносителя первого контура на входе в парогенератор (ПГ), но при повышении мощности ядерного реактора от 50 до 100% $N_{ном}$, изменение температуры перегретого пара t_{PE} приобретает нелинейный характер. При этом разница между температурой греющего теплоносителя первого контура T_1 и температурой перегретого пара t_{PE} резко возрастает при приближении к 100% мощности. В то же время, как показывает рис. 2 б, увеличение мощности ЯР выше 50% связано с постоянно увеличивающимся ростом давления питательной воды $P_{ПВ}$ на входе во второй контур при неизменном давлении перегретого пара $P_{ПЕ}$ на выходе из парогенератора, что приводит к росту гидравлических потерь.

Объяснение наблюдаемого негативного эффекта снижения термического КПД ППУ и увеличения потерь давления при повышенной мощности ядерного реактора также связано со сложной геометрией теплогидравлического тракта второго контура ЯЭУ. Проведенные расчетно-аналитические исследования показали, что при геометрии парогенерирующих каналов, имеющих не только трехмерную кривизну, т.е. изгибные участки с кривизной в различных плоскостях, змеевиковую геометрию, но и переменную площадь проходного сечения каналов, создаются условия, приводящие к крупномасштабному вихреобразованию и закрутке потока. При этом реализуется не только режим закрученного течения, но и эффект, который может быть назван кризисом закрученного потока. Приоритет открытия данного явления принадлежит академику И.И. Новикову и заключается в подтверждении того факта, что критическая скорость поступательного движения закрученного потока вязкой несжимаемой жидкости равна скорости распространения длинных центробежных волн [6, 7].

На рисунках 3, 4 представлены результаты численных расчетов с использованием программного комплекса ANSYS и модели турбулентности $k-\omega$ SST.

На рисунке 3 а приведена характерная геометрия участка одиночного канала парогенератора в области разворота потока от нисходящего к восходящему направлению движения. Рис. 3 б иллюстрирует тот факт, что после прохождения двух вертикальных гибов при переходе из опускного к восходящему направлению движения питательной воды, (где формируется устойчивая вихревая структура потока, состоящая из двух спиральных вихрей равной интенсивности, но противоположной киральности), при последующем движении жидкости через расширяющуюся диффузорную часть канала, заканчивающуюся горизонтальным изгибом, течение приобретает однонаправленную закрутку в масштабе всего канала.

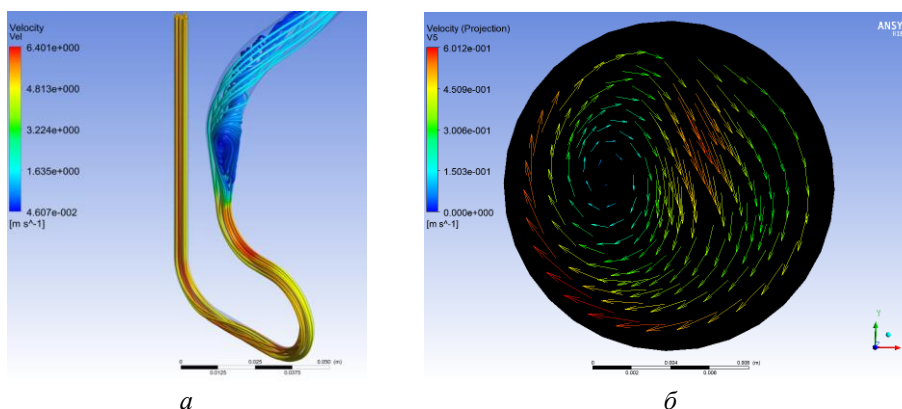


Рис. 3. Генерация закрутки потока на экономайзерном участке парогенерирующего канала: *а* – геометрия канала и линии тока движущейся жидкости в зоне подогрева питательной воды перед испарительным участком; *б* – распределения тангенциальной составляющей скорости потока в зоне расширения проходного сечения канала.

Обоснованная в работе [4] модель трансформации вихря и полученные для ее замыкания аналитические соотношения, дают возможность определить условия, приводящие к «запиранию» расхода рабочего тела, связанного с наступлением кризиса закрученного течения [6, 7]. Физически явление кризиса выражается в образовании области реверсивного (возвратного) спирально-винтового течения, занимающего основную часть проходного сечения канала.

Расчетные примеры, соответствующие рассматриваемому случаю течения в канале парогенератора бухтового типа, представленные на рисунке 4 а, б показывают, что степень диффузорного расширения криволинейного канала существенным образом влияет на интенсивность вихревого движения в области рециркуляции потока, а, следовательно, на возрастание гидравлических потерь.

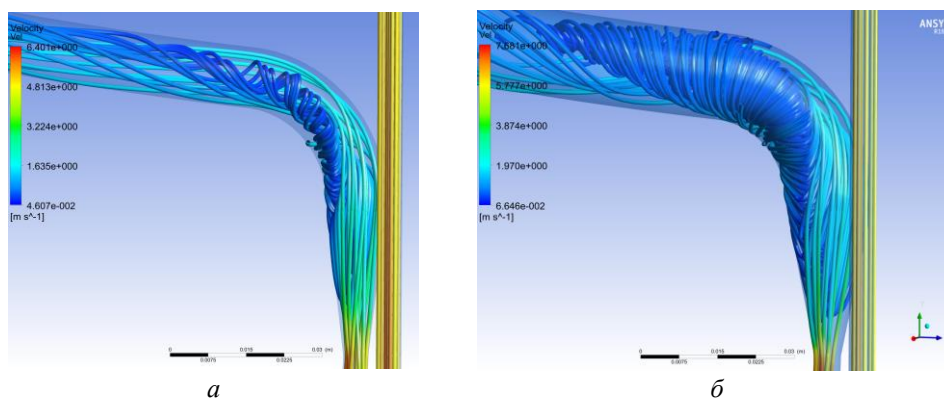


Рис. 4. Примеры расчета режима реверсивной циркуляции, приводящей к «запиранию» расхода рабочего тела после прохождения диффузорного участка в зоне горизонтальногогиба: *а* – при расширении проходного сечения канала в 2,4 раза; *б* – при расширении в 3,4 раза.

Проведенные расчетно-теоретические исследования и сравнение с данными мониторинга эксплуатационных режимов судовых ЯЭУ показали, что эффект снижения теплогидравлической эффективности паропроизводящей установки при повышении тепловой мощности реактора напрямую связан с реализацией условий, соответствующих наступлению кризисного режима течения закрученного потока.

Таким образом, можно сделать вывод, что только понимание физических особенностей и закономерностей сложных вихревых и закрученных течений дает возможность указать способы повышения безопасности, надежности и эффективности работы транспортных ядерных энергетических установок на основе решения конкретных оптимизационных задач по выбору геометрических и режимных параметров, а также совершенствованию конструкций и компоновочных решений различных элементов ЯЭУ.

Работа выполнена при поддержке Российского Фонда Фундаментальных исследований, грант № 19-08-00223 и Программы повышения конкурентоспособности НИЯУ МИФИ (Договор No. 02.а03.21.0005).

Список литературы:

1. Митрофанова О.В. Комплексные исследования эффектов генерации крупномасштабных вихреобразований в теплоносителях ядерных реакторов Часть I. Теоретические исследования // Ядерная физика и инжиниринг, 2010, Т. 1., № 4, С. 299-309.
2. О.В. Митрофанова, И.Г. Поздеева, А.Б. Круглов, В.Б. Круглов. Комплексные исследования эффектов генерации крупномасштабных вихреобразований в теплоносителях ядерных реакторов. Часть II. Экспериментальные исследования импульсных закрученных течений // Ядерная физика и инжиниринг, 2012, том 3, № 2, с.112-119.
3. Митрофанова О.В., Подзоров Г.Д., Токарев Ю.Н. Моделирование магнитогидродинамических эффектов при генерации крупномасштабных вихреобразований в жидкометаллическом теплоносителе // Теплофизика высоких температур, 2015, Т. 53, № 3, С. 430-440.
4. Митрофанова О.В. Гидродинамика и теплообмен закрученных потоков в каналах ядерно-энергетических установок. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. - 288 с.
5. Митрофанова О.В. О структурном подобии устойчивых форм спирально-вихревого движения // Инженерно-физический журнал. 2017. Т. 90. № 5. С. 1179-1192.
6. Новиков И.И. Термодинамика. М.: Машиностроение. – 1984.- С. 316-366.
7. Новиков И.И., Скобелкин В.И., Абрамович Г.Н., Клячко Л.А. Закономерность расхода жидкости в закрученном потоке. Открытие № 389 внесено в Гос. реестр открытий 18.10.1990 г.

**WAYS TO IMPROVE THE SAFETY, RELIABILITY AND EFFICIENCY
OF MARINE NUCLEAR POWER INSTALLATIONS**

O.V. Mitrofanova^{1,2}, O.A. Ivlev², D.S. Urtenov², V.S. Ustinov²

¹*National Nuclear Research University "MEPHI", Moscow, 142115, Russia,
e-mail: omitr@yandex.ru*

²*National Research Centre "Kurchatov Institute", Moscow, 123182, Russia,
e-mail: Urtenov_DS@nrcki.ru*

Abstract

Comprehensive studies have been carried out to identify the physical features of vortex and swirl flows in complicated channels of ship nuclear power installations, which makes it possible to specify ways to improve the safety, reliability and efficiency of marine nuclear power installations on the basis of solving specific optimization problems for the choice of geometric and regime parameters, as well as improving the design and layout solutions of various elements of nuclear power installations.

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЙ КОЭФФИЦИЕНТ ОТРАЖЕНИЯ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ С СОСТАВНЫМИ ОТРАЖАТЕЛЯМИ

С.А. Митрофанова

*Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского,
Академия строительства и архитектуры, Симферополь, Россия,
e-mail: mitrofanova_67@mail.ru*

Постановка проблемы. Наибольшее применение среди солнечных коллекторов получили тепловые коллекторы. К положительным качествам этих устройств можно отнести экологическую безопасность, поскольку солнечное тепло – является неисчерпаемым и усваивается напрямую, без сжигания чего-либо и загрязнения окружающей среды. Но солнечный коллектор не является эффективным на 100%, в связи с оптическими и тепловыми потерями при преобразовании солнечной энергии в тепловую. К тепловым потерям относится та часть солнечной энергии, которая была преобразована в тепловую, но не использовалась на нагрев теплоносителя, а рассеялась в воздухе. Данный вид потерь зависит от разницы температуры в коллекторе и окружающем воздухе, а также коэффициентов тепловых потерь. К оптическим потерям относится солнечная энергия, которая при попадании на коллектор не преобразуется в тепловую. Кроме этого, к потерям следует отнести часть солнечной энергии, теряющейся вследствие отражения и поглощения на прозрачном покрытии. Таким образом, КПД плоского солнечного коллектора достаточно невысоко. Для его увеличения предложено добавить в плоские тепловые коллекторы отражающие элементы.

Анализ предыдущих исследований. Проводимые исследования в направлении определения эффективности солнечного плоского коллектора развиваются как в направлении его конструктивного содержания на основе изучения геометрии солнечного потока, так и в определении метода расчета солнечной энергии потребляемой коллектором. В работе [1] рассматривается задача по усовершенствованию конструктивных особенностей солнечных коллекторов с целью повышения их КПД. Предложено решение этой задачи за счет сокращения тепловых потерь в процессе сбора и преобразования солнечной энергии. Отмечается, что эффективность работы солнечных коллекторов зависит не только от качества материалов изделий используемых при сборке солнечных коллекторов и их технологических свойств, но и природно-климатической зоны местности и оптимального угла расположения солнечной установки к горизонту.

В работе [2] предложен коллектор, использующий гофрированное остекление с дополнительным оптическим эффектом. Конструкция коллектора направлена на повышение процессов улавливания, аккумулялирования и передачи потребителю тепла. Одним из вариантов солнечного коллектора использующего совместно цилиндрический и параболоцилиндрический отражатель является экспериментальная установка, описанная в работе [3]. Исследование влияния размеров коллектора и отражателя на суточное поглощение солнечной радиации коллектором отражено в работе [4]

Понятие «эффективность коллектора» [5] рассмотрено не только с точки зрения улучшения технологии и материалов, используемых для изготовления коллекторов, но и изменения геометрии отражателя применительно для северных стран. В работе также предложен метод расчета энергии, получаемой несколькими поверхностями.

Особое внимание заслуживают приведенные расчеты энергетических характеристик солнечных коллекторов в работе [6] для определения эффективности солнечных коллекторов.

Проводимые исследования в данной работе, базируются на исследованиях по изучению формы и положения фокальных поверхностей конгруэнции отраженных лучей для составных отражателей с целью применения их в плоских коллекторах. В работе [7] выполнен анализ существующих солнечных коллекторов с концентрирующими элементами на базе аналитического описания кривых аппарата отражения. Рассмотрены картины отражения для плоских зеркал, расположенных как параллельно, так и при разных углах наклона зеркал к оптической оси, параболоцилиндров и ПЦ-фоклинов.

Рассмотрено получение компьютерной визуализации решения плоской задачи аппарата отражения для отражающей цилиндрической поверхности, образующей которой является составная кривая с регулярной и иррегулярной вершинами. Для некоторых видов составных кривых компьютерная визуализация дана в работах [8].

В основе всех ранее проведенных исследований лежит использование аппарата плоской картины отражения, поскольку в нормальном сечении отражающих цилиндрических поверхностей нормаль в любой точке отражающей поверхности принадлежит секущей плоскости.

Цель работы. Выполнить анализ эффективности плоских коллекторов с составными отражающими элементами используя геометрический коэффициент отражения.

Основная часть. Эффективность солнечного коллектора определяется значением его КПД (1). Для плоского теплового коллектора эффективность характеризуется оптическим коэффициентом полезного действия η_0 , коэффициентом тепловых потерь a_1 , a_2 , разностью температуры окружающего воздуха и абсорбента солнечного коллектора ΔT :

$$\eta = \eta_0 - \frac{a_1 \cdot \Delta T}{E} - \frac{a_2 \cdot \Delta T^2}{E}, \quad (1)$$

где E – интенсивность солнечного излучения.

У плоских тепловых коллекторов с отражающими элементами, часть солнечного излучения падает на приемник, попадая только на его внешнюю сторону, другая часть отражаясь от отражателей создает концентрированный солнечный поток, распределяющийся на боковой и нижней сторонах приемника. Распределение сконцентрированного солнечного излучения на приемнике не равномерно. Следовательно, приемник в плоских коллекторах с отражающими элементами получает не только прямую радиацию, но и дополнительную сконцентрированную отражающими элементами. Таким образом, эффективность плоских коллекторов с отражающими элементами можно проанализировать на определении значения геометрического коэффициента концентрации K . Геометрический коэффициент концентрации определяется отношением размера облученной части приемника концентрированной энергией к потоку поступающего солнечного излучения на отражающий элемент. В течение суток этот показатель будет меняться, поэтому анализироваться будут 2 позиции: когда направление солнечных лучей параллельно оптической оси коллектора и когда направление солнечных лучей составляет с оптической осью угол 22° .

Принимаем, расположение коллектора под углом к поверхности Земли, равном широте данной местности и направленном с востока на запад. Для Крыма максимальное отклонение поступающих солнечных лучей относительно оптической оси составляет $22^\circ - 23^\circ$.

Исследования проводились для составных отражателей разного вида. Расчет проводим для цилиндрического приемника, диаметр которого принят 10 мм. Размер поступающего солнечного потока на отражающий элемент характеризуется параметром a , а длина дуги облучаемой части приемника параметром c . При наклоне солнечных лучей к оптической оси в 22° параметры поступающего солнечного потока и облучаемой части приемника обозначены соответственно: b и e . Коэффициент концентрации приводится для одной стороны приемника для солнечного потока, по-

ступающего параллельно оптической оси установки и для обеих сторон для солнечного потока, занимающего крайнее положение.

На рис. 1 показана схема отражения солнечных лучей от цилиндрического отражателя, образующей которой является дуга окружности. Радиус дуги принят 6 мм. Центр дуги совпадает с центром приемника в нормальном сечении. Этот вариант чаще всего применяется в вакуумных коллекторах, считающихся на сегодняшний день наиболее эффективными.

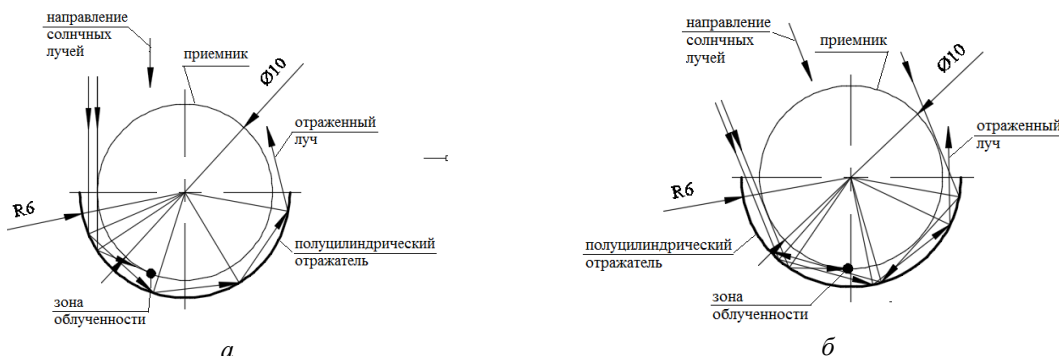


Рис. 1. Схема отражения солнечных лучей цилиндрического отражателя, образующей которой является дуга окружности (наклон падающих солнечных лучей: *a* – параллельно оптической оси; *б* – с оптической осью составляет 22°)

Как видно из схемы в рассматриваемых случаях приемник имеет очень малые зоны облученности, которые можно считать точечными. Поэтому значения геометрического коэффициента отражения для данного отражателя в ниже составленной таблице 1 не приводятся.

На рис. 2 показана схема отражения солнечных лучей от составного отражателя, образованного сочетанием дуги окружности и плоского зеркала. В работе [7] рассмотрены схемы отражения солнечных лучей при различном наклоне плоского зеркала к оптической оси установки. В настоящей работе принимаем наклон плоского зеркала 30° к оптической оси.

Как видно из схемы, практически все лучи, поступающие на плоское зеркало, отражаются на поверхность приемника. Исключения возникают при крайнем положении поступающего солнечного потока лучей. В этом случае та часть приемника со стороны которой поступает солнечный поток имеет малые зоны облученности.

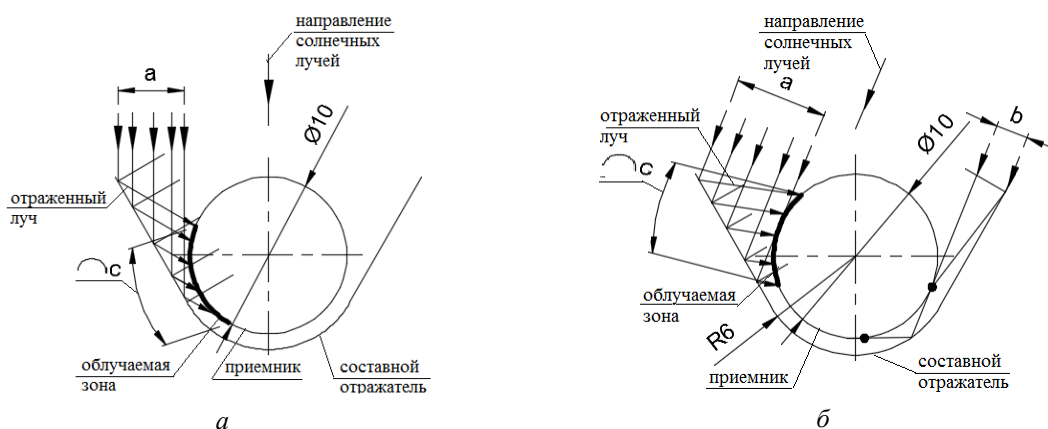


Рис. 2. Схема отражения солнечных лучей составного отражателя, образующей которой является составная кривая из дуги окружности и плоского зеркала (наклон падающих солнечных лучей: *a* – параллельно оптической оси; *б* – с оптической осью составляет 22°)

Схема отражения солнечных лучей составным отражателем, образующей которой является составная кривая с регулярной вершиной показано на рис. 3. За обра-

зующую отражателя принята составная кривая, представляющая собой сочетание сторон – парабола и окружность. Составная кривая, состоящая из двух монотонных кривых имеющих, в одном случае, в вершине общий радиус кривизны представляет собой регулярную кривую. При различных радиусах кривизны в вершине монотонные кривые образуют иррегулярную кривую.

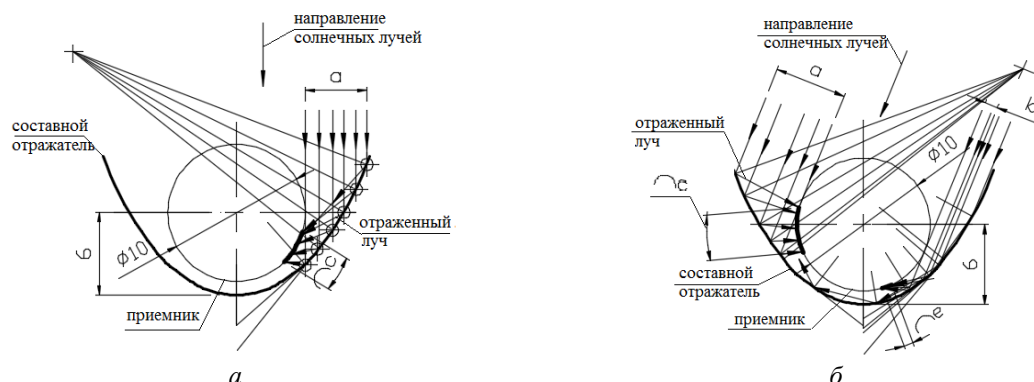


Рис.3. Схема отражения солнечных лучей составного отражателя, образующей которого является составная кривая с регулярной вершиной (наклон падающих солнечных лучей: *a* – параллельно оптической оси; *б* – с оптической осью составляет 22°)

На рис. 4. Показана схема отражения солнечных лучей составного отражателя, образующей которого является составная кривая с иррегулярной вершиной.

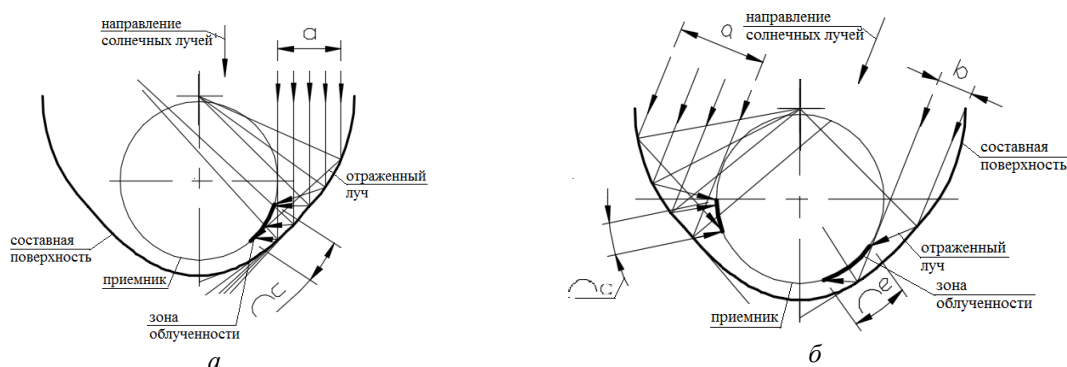


Рис. 4. Схема отражения солнечных лучей составного отражателя, образующей которого является составная кривая с иррегулярной вершиной (наклон падающих солнечных лучей: *a* – параллельно оптической оси; *б* – с оптической осью составляет 22°)

Полученные значения геометрического коэффициента концентрации и параметров, на основе которых они были рассчитаны, для рассматриваемых отражателей, занесены в нижеприведенную таблицу 1.

Таблица 1

Геометрический коэффициент отражения для рассматриваемых видов отражателей

№ п/п	Форма отражателя	Солнечные лучи параллельно оптической оси			Солнечные лучи наклонены к оптической оси под углом 22°				
		<i>a</i>	<i>c</i>	<i>K</i>	<i>a</i>	<i>c</i>	<i>b</i>	<i>e</i>	<i>K</i>
1	Дуга окружности	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Дуга окружности и плоское зеркало	4,16	7,1	1,71	5,64	6,05	-	=	1,07
3	Кривая с регулярной вершиной	4,74	2,66	0,56	5,37	3,47	1	0,72	0,65 и 0,72
4	Кривая с иррегулярной вершиной	4	2,82	0,71	5,24	1,92	2,12	3,48	0,37 и 1,64

Выводы. Сравнивая полученные значения геометрического коэффициента отражения рассматриваемых отражателей, видим, что составные отражатели оказываются более эффективны, чем отражатель образующей, которого является дуга окружности. Из составных отражателей заслуживает внимание, отражатель образующей которого является дуга окружности и плоское зеркало.

Список литературы:

1. Газалов В.С. Способы повышения эффективности работы солнечных коллекторов / В.С. Газалов, А.В. Брагинец // Состояние и перспективы развития сельскохозяйственного машиностроения. Сборник статей 9-й международной научно-практической конференции в рамках 19-й международной агропромышленной выставки «Интерагромаш-2016» - Ростов – на – Дону, Донской государственный технический университет, 2016 – С. 502-505.
2. Шевченко А.И. Многоцелевая утилизация солнечной энергии посредством плоских солнечных коллекторов / А.И. Шевченко // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: студент и наука – Воронеж, Воронежский государственный технический университет, 2014 - № 6 – С. 18-20.
3. Pelece I. Cylindrical solar collector with reflector. Engineering for rural development. Jelgava. 20-25.05.2015 – P. 408 - 413.
4. Hiroshi Tanaka. Collector with a Flat Plate Bottom Booster Reflector <http://www.oalib.com/paper/2838954>
5. Pelece I., Ziemelis I. Water heating effectiveness of semi-spherical solar collector. Proceedings of International Scientific Conference “Renewable Energy and Energy Efficiency” LLU 2012 pp. 185-188.
6. Митина И.В., Стребков Д.С., Трушевский С.Н. Расчет коэффициента концентрации по балансу лучистых потоков. Материалы Шестой Всероссийской научной молодежной школы с международным участием «Возобновляемые источники энергии» / под общей редакцией А.А. Соловьева - М.: Университетская книга, 2008, часть 1. С. 178 - 183.
7. Митрофанова С.А. Компьютерная модель отраженного потока в солнечных коллекторах с концентрирующими элементами / С.А. Митрофанова // Праці Таврійської державної агротехнічної академії / Прикладна геометрія та інженерна графіка. – Мелітополь: ТДАТА, 2007. — Вип. 4, т. 36. – С. 112-116.
8. Митрофанова С.А. Определение линии каустики для составных отражающих плоских кривых/ С.А. Митрофанова // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету / Прикладна геометрія та інженерна графіка. – Мелітополь: ТДАТА, 2012. - Вип. 4, т. 54. — С. 96-100.

**GEOMETRIC REFLECTION COEFFICIENT SOLAR COLLECTORS
WITH COMPOUND REFLECTORS**

S.A. Mitrofanova

*Crimean Federal University V.I. Vernadsky,
Academy of Civil Engineering and Architecture, Simferopol, Russia*

Abstract

The efficiency of thermal flat collectors with composite reflectors was determined on the basis of comparing the values of the geometrical concentration coefficient for different types of reflectors. In the form of reflecting surfaces, we considered: an arc of a circle, a combination of an arc of a circle with a plane mirror, and composite curves with a regular and irregular vertices. The solution of this problem based on the flat problem of the reflection apparatus.

НАКОПЛЕНИЕ ^{90}Sr БЕРЕЗАМИ НА ТЕРРИТОРИИ ВОСТОЧНО-УРАЛЬСКОГО РАДИОАКТИВНОГО СЛЕДА

Л.Н. Михайловская, М.В. Модоров, Н.С. Шималина, В.Н. Позолотина

Институт экологии растений и животных Уральского отделения

Российской академии наук, г. Екатеринбург, 620144, РФ,

e-mail: mmodorov@gmail.com

В многочисленных исследованиях показано, что на первых этапах после радиационных аварий в лесных экосистемах 80 % радиоактивных веществ, выпадающих из атмосферы, поглощается древесными растениями, причем большая их часть задерживается хвоей и листьями, которые считаются индикаторами для оценки аэриального загрязнения. Ветви и стволы задерживают радиоактивные частицы в меньшей степени. В листопадных лесах радионуклиды удерживаются в листьях только в течение вегетационного сезона, в период листопада они перемещаются в лесную подстилку. Снижение интенсивности аэриальных выпадений со временем приводит к тому, что преобладающим становится корневой путь поступления радионуклидов в растения [1–3]. Основным депо, сохраняющим запас радионуклидов в лесных биогеоценозах, является почва, а вторым по значимости можно считать древесные растения. Поэтому изучение закономерностей поступления и распределения радионуклидов в древесных растениях, оценка запасов долгоживущих радионуклидов в древесном ярусе являются актуальными задачами радиэкологии [1, 3]. Наиболее успешно эти задачи могут быть решены в зонах радиоактивного загрязнения. Восточно-Уральский радиоактивный след (ВУРС) образовался в 1957 г. в результате так называемой Кыштымской аварии на производственном объединении «Маяк». Эта территория представляет собой узкий сектор, ориентированный в северо-восточном направлении протяженностью более 100 км и площадью 23000 км². В аварийных выпадениях среди долгоживущих радионуклидов преобладал ^{90}Sr [4, 5]. Широкий диапазон уровней загрязнения почв, неоднородность топографических и экологических условий позволяет проводить на его территории уникальные радиоэкологические исследования по изучению закономерностей распределения радионуклидов в живых и косных компонентах экосистем.

Цель настоящего исследования – изучение закономерностей накопления и распределения ^{90}Sr в березе повислой (*Betula pendula* Roht.), в насаждениях, сформировавшихся в зоне ВУРСа после аварии более полувека назад.

Исследования проводили в 2010–2014 гг. в головной части ВУРСа и его окрестностях. Обследованная территория расположена в лесостепной зоне. Лесные экосистемы представлены в основном вторичными березовыми и смешанными лесами. В почвенном покрове преобладают разновидности серых лесных почв, черноземы различной мощности, а также луговые почвы [5].

На разных расстояниях от эпицентра аварии мы выделяли реперные участки, на каждом из которых закладывали почвенные разрезы. Территорию ранжировали по уровню загрязнения ^{90}Sr , выделив импактную (5–30 км от эпицентра аварии) и буферную (30–100 км) зоны с плотностью загрязнения почв 100–70000 кБк/м² и 10–100 кБк/м² соответственно [4–6]. За пределами загрязненной территории были выбраны фоновые участки, идентичные по геоботаническим характеристикам и почвенным разностям. Плотность загрязнения почв ^{90}Sr на таких участках не превышал фоновых значений для Уральского региона и составляла 0.5–2.9 кБк/м². Пробы почв отбирали слоями мощностью 5–10 см до глубины 50 см с учетом площади. В непосредствен-

ной близости от разрезов отбирали образцы надземных органов березы старше 50 лет.

^{90}Sr из почвенных и растительных образцов выделяли радиохимическим способом. Измерение β -активности препаратов проводили на радиометре «УМФ-2000» (Россия) с нижним пределом обнаружения 0.2 Бк [7, 8]. Полученные данные, характеризующие содержание радионуклидов в исследованных объектах, рассчитаны на воздушно-сухую массу и золу.

Аккумулирующую способность растений оценивали величиной коэффициента перехода (КП), которую рассчитывали, как отношение удельной активности радионуклида в надземной массе растений (Бк/кг сухой массы) к плотности загрязнения почвы (Бк/м²) [7].

Проведенные исследования показали, что характер распределения ^{90}Sr по надземным органам березы произрастающей на территории ВУРСа и контрольном участке схож (табл. 1). Минимальное накопление радионуклида в воздушно-сухой массе отмечено в стволах березы. В листьях и ветках концентрация ^{90}Sr примерно одинакова. По отношению к зольным элементам соотношение концентраций изменяется. В золе листьев, характеризующихся максимальной зольностью, обнаруживаются минимальные концентрации радионуклида по сравнению с осевыми органами. В период интенсивных выпадений из атмосферы максимальное загрязнение наблюдалось в листьях и коре берез, как в расчете на воздушно-сухое вещество, так и на золу [1, 5]. Следует отметить, что возраст исследованных деревьев сопоставим с существованием ВУРСа. Интенсивность выпадений на территории ВУРСа и в целом на Урале снижалась в течение времени. В настоящее время поступление радионуклида из атмосферы очень мало по сравнению с плотностью загрязнения почв и содержанием радионуклида, накопленного в надземной массе деревьев [9]. По-видимому, наблюдаемый характер распределения ^{90}Sr в деревьях березы сложился главным образом в результате многолетнего поступления радионуклида через корневую систему.

Таблица 1

Накопление ^{90}Sr органами березы на территории импактной зоны ВУРСа и на фоновом участке

Орган	Зольность, %	Концентрация, кБк/кг	
		Воздушно-сухое вещество	Зола
Зона ВУРСа			
Листья	5.4±0.8	117.2±49.5	2142±573
Мелкие ветки	3.8±0.8	162.2±32.2	4302±860
Крупные ветки	2.4±0.3	99.8±33.7	4141±796
Ствол	0.6±0.2	34.9±8.1	5816±1370
Фоновый			
Листья	5.9±0.2	0.03±0.01	0.5±0.2
Мелкие ветки	2.1±0.4	0.04±0.005	2.1±0.5
Крупные ветки	1.6±0.1	0.03±0.001	1.9±0.3
Ствол	0.8±0.2	0.01±0.002	1.3±0.3

Во всех изученных надземных органах березы концентрация ^{90}Sr , как в воздушно-сухом веществе, так и в золе растений возрастает с увеличением плотности загрязнения почв. Зависимость аппроксимируется степенной функцией (рис. 1). Подобные результаты были получены ранее для растений разной таксономической принадлежности [6, 9].

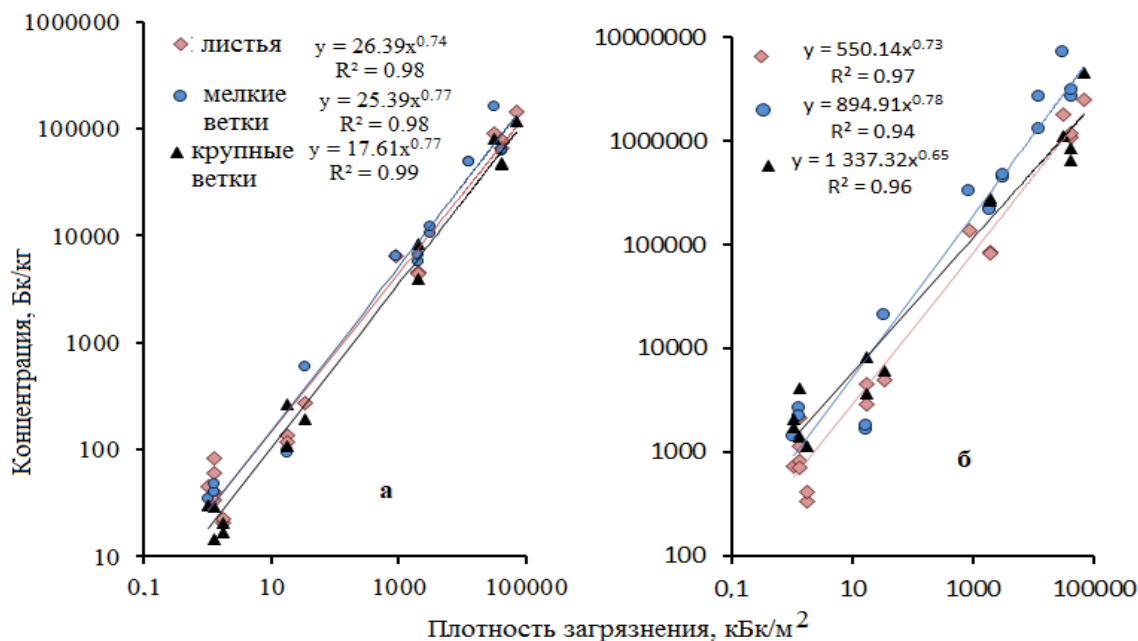


Рис. 1. Концентрация ⁹⁰Sr в надземных органах березы в зависимости от плотности загрязнения почв (а – воздушно-сухое вещество, б – зола)

Для всех исследованных органов березы КП ⁹⁰Sr на территории ВУРСа примерно на порядок выше, чем на фоновом участке (табл. 2). Повышенные КП ⁹⁰Sr на фоновых участках по сравнению с загрязненными территориями были рассчитаны нами также по данным статьи [4], полученным в 1990 г., в период стабилизации радиоактивных выпадений из атмосферы. Следует отметить, что за истекшие четверть века КП ⁹⁰Sr в разные органы березы изменились незначительно.

Таблица 2

Коэффициенты перехода ⁹⁰Sr в надземную массу березы на территориях с разным уровнем загрязнения почв, n 10⁻³ кг⁻¹ м²

Годы исследований	Объект	Территория		
		Импактная	Буферная	Фоновая
1990*	Листья	-	13.7±10.4	30.0±3.5
	Мелкие ветки	-	25.2±13.9	21.1±1.8
	Кора	-	25.3±4.2	18.2±1.5
	Древесина		2.6±0.4	4.1±0.4
2010-2014	Листья	2.9±0.9	7.7±0.2	33.7±8.1
	Мелкие ветки	3.7±0.6	5.5±0.4	34.0±2.4
	Крупные ветки	2.1±0.6	10.6±7.8	18.6±3.4
	Ствол	0.5±0.1	-	10.0±3.0

*- данные взяты из работы [4].

Согласно нашим данным, в настоящее время распределение ⁹⁰Sr в деревьях березы имеет сходный характер в зоне ВУРСа и фоновых участках. Максимальные концентрации ⁹⁰Sr отмечены в воздушно-сухом веществе листьев и веток и в золе осевых органов растений. Концентрация ⁹⁰Sr как в воздушно-сухом веществе, так и в золе растений возрастает с увеличением плотности загрязнения почв. Зависимость аппроксимируется степенной функцией. КП ⁹⁰Sr на территории ВУРСа ниже, чем на территориях с фоновым уровнем загрязнения и поддерживаются примерно на одном уровне в течение последних 25 лет.

Работа выполнена в рамках государственного задания Института экологии растений и животных УрО РАН при частичной финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 19-05-00469).

Список литературы:

1. Алексахин Р.М. Проблемы радиоэкологии: эволюция идей. Итоги. М.: Россельхозакадемия – ГНУ ВНИИСХРАЭ, 2006. 880 с.
2. Яблоков А.В. Чернобыль: последствия катастрофы для человека и природы / А.В. Яблоков, В.Б. Нестеренко, А.В. Нестеренко, Н.Е. Преображенская. Киев: Универсаріум, 2011. 592 с.
3. Щеглов А.И. Биогеохимия техногенных радионуклидов в лесных экосистемах. М.: Наука, 1999. 268 с.
4. Karavaeva Ye.N. Accumulation and distribution of long-living radionuclides in the forest ecosystems of the Kyshtym accident zone / Karavaeva Ye.N., Kulikov N.V., Molchanova I.V. et al. // Sci. of the Total Environmen. 1994. V. 157. P. 147, 151.
5. Экологические последствия радиоактивного загрязнения на Южном Урале. М.: Наука, 1993. 336 с.
6. Молчанова И. В. Техногенные радионуклиды в почвах Восточно-Уральского радиоактивного следа и их накопление растениями различных таксономических групп / И. В. Молчанова, Л. Н. Михайловская, В. Н. Позолотина, Е.В. Антонова // Радиационная биология. Радиоэкология. 2014. Т. 54. № 1. С. 77–84.
7. Handbook of Parameter Values for the Prediction of Radionuclide Transfer in Terrestrial and Freshwater Environments. Vienna: INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, 2010. 472 p.
8. Переволоцкий А.Н. Обоснование ведения системы радиоэкологического мониторинга в лесных биогеоценозах на различных этапах после аварийных радиоактивных выпадений / А.Н. Переволоцкий, Т.В. Переволоцкая // Радиационная биология. Радиоэкология. 2012. Т. 52. № 3. С. 312–316.
9. Mikhailovskaya L. N. Accumulation of ^{90}Sr by plants of different taxonomic groups from the soils at the East Ural Radioactive Trace / L.N. Mikhailovskaya, V.N. Pozolotina, E.V. Antonova // Behavior of Strontium in Plants and the Environment / Eds Dr. D.K. Gupta and Prof. (Dr.) C. Walther. Netherlands: Springer International Publishing AG, 2018. P. 61–73.

ACCUMULATION OF ^{90}Sr BY BIRCH ON THE TERRITORY OF THE EAST-URAL RADIOACTIVE TRACE

L.N. Mikhailovskaya, M.V. Modorov, N.S. Shimalina, V. N. Pozolotina

Institute of Plant and Animal Ecology, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

Abstract

The accumulation of ^{90}Sr by the aboveground organs of *Betula pendula* was investigated on the territory of the East Ural Radioactive Trace (EURT). The density of soil contamination by ^{90}Sr within the central axis of this zone varies with the distance from the accident site from 70,000 kBq·m⁻² to 10 kBq·m⁻². The pattern of the ^{90}Sr accumulation of in leaves, branches and trunks of trees from EURT zone has the same character as in the background areas. Maximum concentrations were found in air-dry matter of leaves and branches. The accumulation of ^{90}Sr by birch depends on the density of soil contamination according to the power function. T_{ag} of ^{90}Sr in different organs of birches in the EURT zone were lower than in areas with background contamination and maintained at the same level for about the last 25 years.

МЕТОДОЛОГИЯ ВЕРОЯТНОСТНОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ И ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ИНФОРМАЦИИ

Д.В. Моисеев

*ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,
г. Севастополь, 299053, Россия, e-mail: dmitrymoiseev@mail.ru*

Введение. Настоящий период развития теоретических положений, методов и алгоритмов синтеза устройств вычислительной техники (ВТ), используемых при разработке перспективных и совершенствовании существующих информационных систем (ИС), характеризуется интенсивным поиском новых принципов обработки и хранения информации, построения вычислительных архитектур и систем с привлечением современных технологий, среди которых технология вероятностного представления и преобразования информации (ВППИ) является одной из наиболее перспективных. В общем виде суть стохастического или вероятностного преобразования информации в непозиционное вероятностное отображение (ВО) заключается в том, что любому значению преобразуемой величины можно привести в соответствие некоторую вероятность – вероятность того, что значение преобразуемой величины будет больше величины, сгенерированной случайным образом внутри диапазона изменения преобразуемой величины. Реализация вычислительных устройств (ВУ), выполняющих арифметические и логические операции над ВО, приводит к многократному уменьшению аппаратного объёма ВУ, а само ВППИ обеспечивает помехоустойчивость и криптографическую стойкость обрабатываемой и передаваемой информации.

Цели и задачи научного исследования. Целью работы является повышение эффективности перспективных и существующих ИС и их компонент, реализующих методологию вероятностного представления и преобразования информации, за счёт разработки научно-методического аппарата для теоретического обоснования и разработки методик, методов и алгоритмов синтеза устройств ВТ и компонент для перспективных и существующих ИС, построенных на отечественной элементной базе, обладающих высокой живучестью, надёжностью, криптографической стойкостью, помехоустойчивостью, точностью, малыми аппаратными затратами и обрабатывающих информацию в реальном масштабе времени, то есть обладающие характеристиками, недостижимыми при иной форме представления информации.

Для достижения поставленной цели сформулированы следующие задачи:

- выполнить анализ технических требований, предъявляемых к современным ИС;
- провести обзор существующих методов ВППИ, выявить источники возникновения соответствующих погрешностей, разработать методику их определения, оценить основные характеристики вероятностных процессоров, связанные с точностью и быстродействием выполнения арифметико-логических операций и операций преобразования;
- разработать методику синтеза операционных устройств универсальных и специализированных вероятностных процессоров (ВП), повышающих эффективность перспективных и существующих ИС;
- выполнить патентное обеспечение научных разработок, построенных на основе полученных в работе теоретических положений, реализовать разработанные устройства ВТ на современных программируемых логических интегральных схемах (ПЛИС) и провести компьютерное моделирование их работы.

Анализ литературных источников по теме исследования. Работы Gainesa B., Poppelbaum W. и Ribeiro S. (США) [1–3], В.С. Гладкого, Р.Ф. Фёдорова, В.В. Яковлева, Г.В. Добриса, В.Н. Четверикова и Б.Ф. Кирьянова (СССР) [4–8], содержали идею и теорию линейного ВППИ. Для расширения сферы применения ВППИ Н.Е. Сапожниковым предложена теория нелинейного вероятностного преобразования, а практическая реализация ВППИ впервые осуществлена им совместно с А.П. Уриковым под руководством В.С. Гладкого и академика А.Г. Колесникова в виде автоматизированного комплекса вероятностного анализа и вероятностной ЭВМ [9]. Главным недостатком существующих устройств ВТ, построенных на реализации вероятностного принципа, препятствующим решению рассматриваемых противоречий, является обратная зависимость между точностью и быстродействием. Снижение уровня взаимовлияния между точностью и быстродействием, возможно путём выполнения параллельных вычислений над ВО и реализации разработанных Моисеевым Д.В. основам теории псевдовероятностного представления и преобразования информации [10–12].

Решение поставленной проблемы. Главным недостатком существующих устройств ВТ, построенных на реализации вероятностного принципа, препятствующим решению рассматриваемых противоречий, является обратная зависимость между точностью и быстродействием. Снижение уровня взаимовлияния между точностью и быстродействием, как показано в работе [9], возможно путём выполнения параллельных вычислений над ВО и реализации псевдовероятностного представления и преобразования информации.

С целью исследования возможностей и технических путей создания перспективных и совершенствования существующих ВИС, разработана комплексная методология представления и преобразования информации в вероятностные отображения, позволяющая разрабатывать новые принципы и технические решения, направленные на оптимальное сочетание показателей высокой живучести, надежности, криптографической стойкости, помехоустойчивости, точности, возможности обработки информации в реальном масштабе времени и малыми затратами оборудования. Методы представления информации в виде непозиционного ВО информации можно разделить на: линейное вероятностное преобразование (ВПр); нелинейное ВПр [1 – 12].

В зависимости от правила, в соответствии с которым происходит преобразование, методы представления информации в виде непозиционного ВО информации делятся на: однолинейное однополярное; однолинейное двухполярное; двухлинейное двухполярное вероятностное представление информации.

Важнейшим свойством ВПр, является возможность восстановления значения x_i из его ВО y_i . Зная интегральный закон распределения вспомогательной случайной функции $R(t)$, можно путём функционального преобразования определить оценку параметра величины x_i по найденному значению оценки МО ВО.

Как показано в работе [11] количество испытаний K , необходимое для достижения допустимой погрешности, имеет вид:

$$\lceil K \rceil = \left(\frac{\sqrt{2}\Phi^{-1}(P)}{\Delta} \sqrt{x_i(1-x_i)} \right)^2. \quad (1)$$

Анализ выражения (1) и значений из таблицы 1 показывает, что количество испытаний K в значительной степени зависит от заданной погрешности преобразования, а также от значения величины x_i , и, при прочих равных условиях, является максимальным при $x_i = 0,5$.

Погрешность ВПр в значительной степени зависит от K (количества членов в ВО) и при прочих равных условиях является максимальной, когда значение

преобразуемой величины x_i лежит в середине динамического диапазона, то есть при $x_i = 0,5$.

На рисунке 1 приведены рассчитанные и промоделированы значения величины γ , отображающие зависимость приведённой погрешности от числа статистических испытаний K при разных значениях величины x [10].

Отсюда следует, что последовательное преобразование информации в вероятностную форму при работе ВИС в реальном масштабе времени приводит к заметному сужению их частотного диапазона в случае выбора достаточно большого K и, как следствие, к ограничению областей применения данных ВИС.

Поскольку для представления информации в виде ВО основным является вероятностный характер формирования последовательности из «1» и «0» и вероятностный характер количества «1» в последовательности, это и приводит к дополнительной погрешности вероятностного преобразования. Для уменьшения, а в граничном случае устранения погрешности вероятностного преобразования, следует отказаться от второй характерной особенности ВО.

Для данного случая введено понятие «псевдовероятностное» представление информации, для которого изменяется сам алгоритм формирования ВО (1) и заранее задаётся в нём количество «1» в соответствии с выражением:

$$P(y_{ij} = 1) = x_i. \quad (2)$$

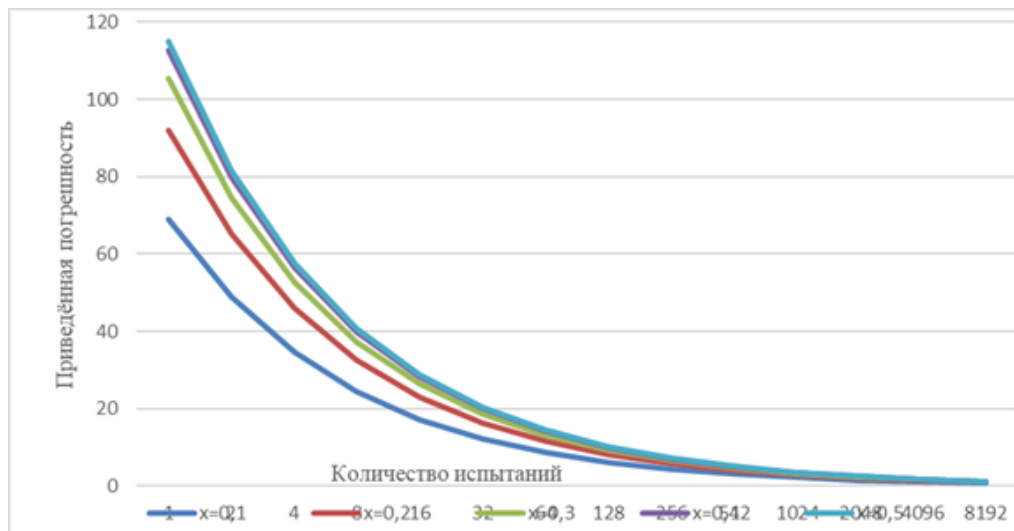


Рис. 1. Зависимость приведённой погрешности γ от числа статистических испытаний K при разных значениях величины x

При этом, для сохранения свойств ВО, распределение единиц в псевдовероятностном отображении должно оставаться случайным.

Для однолинейного однополярного представления информации в виде псевдовероятностного отображения значение преобразуемой величины либо всегда положительно, либо всегда отрицательно, а само псевдовероятностное отображение, в соответствии с (2), будет иметь вид:

$$Y_i(t) = \{y_{i1}; y_{i2}; \dots; y_{ig}; \dots; y_{iG}\}, \quad (3)$$

где $g = \overline{1, G}$ – номер разряда в ВО, причём $G = 2^L - 1$, где L – количество разрядов, необходимое для позиционного представления преобразуемого значения X_i .

Структурная схема преобразователя цифровой информации в непозиционное псевдовероятностное отображение представлена на Рисунке 2. В состав данной схемы входят: счётчик; ЦСС – цифровая схема сравнения на «равенство»; Регистр результата; ДШ – дешифратор; ГРПСИ – генератор равномерно распределённых случайных последовательностей.

Для того, чтобы количество «единиц» в псевдовероятностном отображении было строго равно весу преобразуемого значения X_i , необходимо, чтобы вероятность появления одной «единицы» в псевдовероятностном отображении $Y_i(t)$ была равна:

$$P(y_{ij} = 1) = P_j(Z = Z_l) = \frac{x_i}{2^L - 1}. \quad (4)$$

Время преобразования t_{np} также пропорционально x_i , то есть:

$$t_{np} = \frac{x_i}{f_{макт}}, \quad (5)$$

где $f_{макт}$ – тактовая частота работы ВП.

Из выражения (5) следует, что быстродействие устройства тем больше, чем больше его тактовая частота, и тем меньше, чем большее количество «1» необходимо занести в регистр.

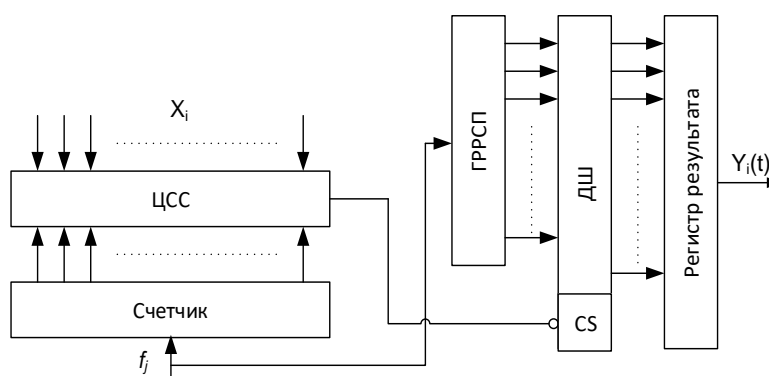


Рис. 2. Структурная схема преобразователя цифровой информации в непозиционное псевдовероятностное отображение

Таким образом, наряду с линейным ВПр и нелинейным ВПр введено понятие псевдовероятностное представление информации. Использование впервые разработанной теории представления информации в псевдовероятностной форме позволяет при заданной точности повысить быстродействие вероятностного процессора ориентировочно на три порядка, сохранив показатели надёжности и аппаратного объёма.

В работах автора [10–12] развита теория параллельных вычислений над ВО, и разработаны схемотехнические решения (рис. 3 – 6).

Преимущества в аппаратном объёме, на уровне логического элемента, при реализации универсального ВП будут заключаться в следующем: вероятностный сумматор будет меньше «классического» цифрового аналога в 14 раз, умножитель меньше в 270 раз, схема возведения в квадрат меньше в 300 раз, аппаратный объём разработанного вероятностного делителя по сравнению с цифровым аналогом меньше примерно в 6 раз. Таким образом, вся схема универсального ВП при сравнении с аналогичной цифровой схемой, выполняющей тот же набор арифметических операций, выигрывает по аппаратному объёму примерно в 150 раз (рис 7).

К специализированным ВП, синтез и анализ которых выполнен в работах автора [9 – 12], относятся: вероятностные спектрометры; вероятностные устройства вычисления дробей; вероятностные анализаторы (вероятностные измерители математического ожидания; вероятностные измерители дисперсии; вероятностные измерители средней полной мощности; вероятностные шифраторы; вероятностные устройства решения дифференциальных уравнений); цифровые вероятностные

фильтры; вероятностные дифференциальные анализаторы; вероятностные коррелометры; преобразователи Фурье и т.д.

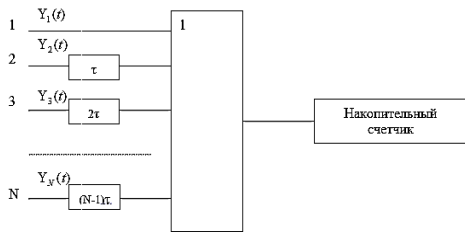


Рис. 3. Структурная схема вероятностного сумматора с элементами задержки

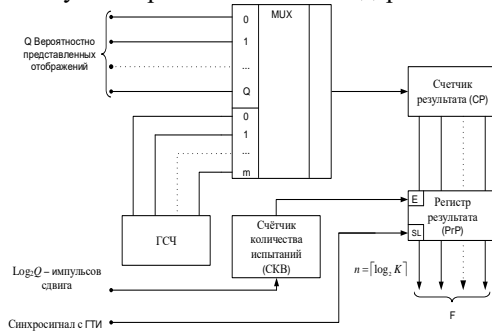


Рис. 5. Структурная схема параллельного сумматора типа переключатель

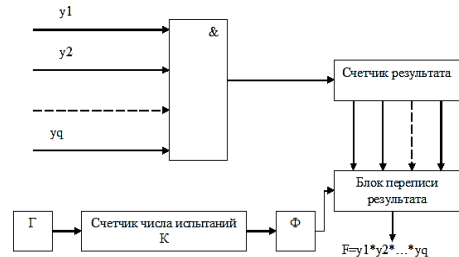


Рис. 4. Структурная схема параллельного Q разрядного множительного устройства

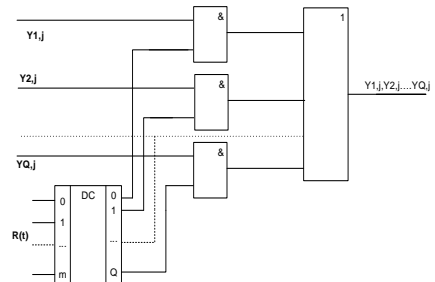


Рис. 6. Структурная схема параллельного сумматора типа переключатель

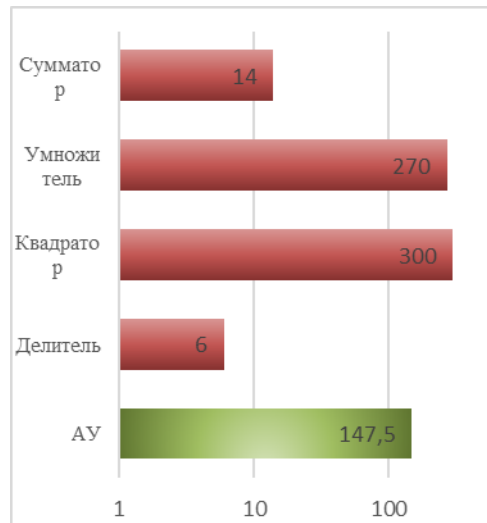


Рис. 7. Уменьшение аппаратного объёма операционных устройств универсального ВП

Развитие методики определения и оценки основных характеристик ВП, связанных с точностью выполнения арифметико-логических операций и операций преобразования. Проведён анализ погрешностей, возникающих при этом, найдены количественные зависимости между точностью и быстродействием, а, следовательно, определены требования к расчёту параметров основных операционных устройств ВИС.

Выражение для абсолютной погрешности умножения вероятностно преобразованных сигналов имеет вид [12]:

$$\Delta_{BY} = \frac{1,41\Phi^{-1}(P)}{\sqrt{K}} \sqrt{\prod_{q=1}^Q F_{xq}(R) \left[1 - \prod_{q=1}^Q F_{xq}(R) \right]}, \quad (6)$$

а формула для вычисления приведённой погрешности при $Q=2$ и равномерном распределении $R_1(t)$ и $R_2(t)$ запишется как:

$$\gamma_{BY} = \frac{1,41\Phi^{-1}(P)}{\sqrt{K}} \sqrt{x_1 x_2 (1 - x_1 x_2)}. \quad (7)$$

Оценка сверху для погрешности вероятностного умножения произвольного числа.

На рисунке 8 приведена зависимость абсолютной погрешности, возникающей при возведении в квадрат вероятностно преобразованной величины x_i , от значения этой величины внутри единичного диапазона для различных K , при $P=0,9973$.

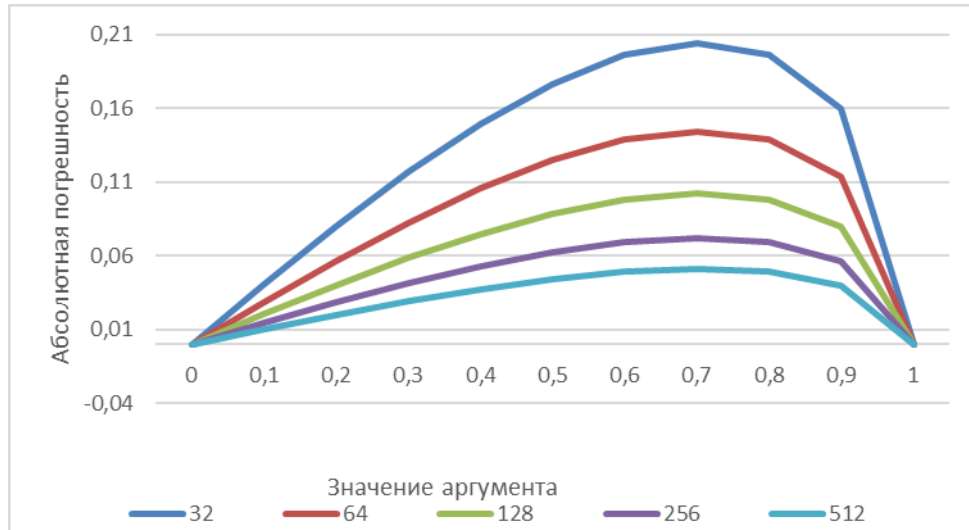


Рис. 8. Зависимости абсолютной погрешности вероятностного возведения в квадрат от значения аргумента

Из графически представленной зависимости следует, что погрешность уменьшается с увеличением K . Максимальная погрешность имеет место при $x_2 = x_1 = 0,7$.

При $K=512$ она не превышает $\Delta_{BY, \max} = 0,05$. Операция сложения вероятностно преобразованных сигналов может быть выполнена двумя путями. Первый предполагает использование операции дизъюнкции над ВО слагаемых, сдвинутых одно относительно другого на время τ . Второй путь выполнения операции суммирования заключается в использовании вероятностного сумматора как переключателя.

Абсолютная погрешность определения оценки суммы для обоих методов сложения принимает вид [5]:

$$\Delta_{BC1} = \sqrt{2}\Phi^{-1}(P)\sigma \left(\sum_{q=1}^Q x_q \right)^* = \frac{1,41\Phi^{-1}(P)}{\sqrt{K}} \sqrt{\sum_{q=1}^Q F_{xq}(R_q) [1 - F_{xq}(R_q)]}. \quad (8)$$

$$\Delta_{BC2} = \frac{\sqrt{2Q}\Phi^{-1}(P)}{\sqrt{K}} \sqrt{\sum_{q=1}^Q [F_{xq}(R_q) - 0,5F_{xq}^2(R_q)]}.$$

Для случая, когда количество слагаемых $Q = 2$, а закон распределения $R_1(t)$ и $R_2(t)$ равномерен, значение для приведённой погрешности может быть представлено в виде:

$$\gamma_{BC2} = \frac{2 \cdot 10^2 \Phi^{-1}(P)}{\sqrt{K}} \sqrt{x_1 + x_2 - 0,5(x_1^2 - x_2^2)}$$

$$\gamma_{BC1} = \frac{141\Phi^{-1}(P)}{\sqrt{K}} \sqrt{x_1(1-x_1) + x_2(1-x_2)} \quad (9)$$

Абсолютная погрешность вычитания при равномерном распределении вспомогательных случайных сигналов $R_1(t)$ и $R_2(t)$ для однолинейного однополярного, двухлинейного двухполярного и однолинейного двухполярного представления примет вид:

$$\Delta_{BB} = \frac{2 \cdot 10^{-2} \Phi^{-1}(P)}{\sqrt{K}} \sqrt{F_{x_1}(R_1) + F_{x_2}(R_2) - 0.5 [F_{x_1}^2(R_1) + F_{x_2}^2(R_2)]}, \quad (11)$$

а формула для расчёта приведённой погрешности соответственно примет вид:

$$\gamma_{BB} = \frac{141 \Phi^{-1}(P)}{\sqrt{K}} \sqrt{x_1 + x_2 - 0.5(x_1^2 + x_2^2)}. \quad (12)$$

По аналогичной методике найденное значение приведённой погрешности вероятностного деления имеет вид:

$$\gamma_{ВД} = \frac{141 \Phi^{-1}(P) \sqrt{m+1}}{\sqrt{K}} \sqrt{F_{x_1}(R_1) [1 + F_{x_2}(R_2) + F_{x_2}^2(R_2) + \dots + F_{x_2}^m(R_2)]}. \quad (13)$$

Выводы: Разработана комплексная методология вероятностного представления информации, заключающаяся в разработке научно-методического аппарата для теоретического обоснования и разработки методик, методов и алгоритмов синтеза устройств ВТ и компонент для перспективных и существующих ВИС, построенных на отечественной элементной базе, обладающих высокой живучестью, надёжностью, криптографической стойкостью, помехоустойчивостью, точностью, малыми аппаратными затратами и обрабатывающих информацию в реальном масштабе времени.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-37-00406.

Список литературы:

1. Гейнс Б.Р. Стохастическая вычислительная машина / Б.Р. Гейнс // Электроника. – 1967. – № 14. – С. 3 – 11.
2. Poppelbaum W.J. What next in computer Technology / W.J. Poppelbaum // Advances in computer. – 1968. – v. 9.
3. Ribeiro S.T. Random-pulse machines / S.T. Ribeiro // IEEE Trans. Electron. Computers. – 1967. – № 3.
4. Гладкий В.С. Вероятностные вычислительные модели / В.С. Гладкий. – М.: Наука, 1973. – 300 с.
5. Яковлев В.В. Стохастические вычислительные машины / В.В. Яковлев, Р.Ф. Федоров. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд., 1974. – 344 с.
6. Федоров Р.Ф. Стохастические преобразователи информации / Р.Ф. Федоров, В.В. Яковлев, В.Г. Добрис. – Л.: Машиностроение, 1978. – 304 с.
7. Четвериков В.Н. Вычислительная техника для статистического моделирования / В.Н. Четвериков, Э.А. Баканович, А.В. Меньков; под ред. В.Н. Четверикова. – М.: Сов. радио, 1978. – 312 с.
8. Кирьянов Б.Ф. Основы теории стохастических вычислительных машин / Б.Ф. Кирьянов; Казан. авиац. институт – Казань, 1975. – 186 с. – Деп. в ЦНИИТЭИ приборостроения 21.05.76. – № 524.
9. Сапожников Н.Е. О вероятностном преобразовании информации / Н.Е. Сапожников. // Приборостроение. – 1983. – Вып. 34. – С. 31 – 38.
10. Vypolnenie parallel'nyh vychislenij pri verojatnostnom predstavlenii informacii [Performing Parallel Calculations for Probabilistic Representation of Information] / D.V. Moiseev, N.E. Sapozhnikov, P.S. Bejner [and others] // Tehnologichnij audit ta rezervi virobnictva [Technological Audit and Production Reserves]. – Har'kov: ehnologichnij centr, 2013. – № 3/1(11). – P. 9–12.
11. Ocenka pogreshnostej vypolnenija verojatnostnyh arifmeticheskikh operacij slozhenija i umnozhenija [Assessment of Inaccuracy of Probabilistic Arithmetic Operations of

Addition and Multiplication] / D.V. Moiseev, N.E. Sapozhnikov, P.S. Bejner [and others] // *Vostochno-Evropejskij zhurnal peredovyh tehnologij* [East European Journal of Advanced Technologies]. – Har'kov: Tehnologichnij centr, 2013. – № 3/4 (63). – P. 40–42.

12. *Verojatnostnye vychislitel'nye modeli* [Probabilistic Computational Models] / N.E. Sapozhnikov, D.V. Moiseev, A.G. Shokin [and others] // [Collection of Scientific Works of SNTUEI]. – Sevastopol': SNTUEI, 2013. – Issue 1 (45). – P. 210–215.

METHODOLOGY OF PROBABILISTIC REPRESENTATION AND TRANSFORMATION OF INFORMATION

D.V. Moiseev

Sevastopol State University, Sevastopol, 299053, Russia

e-mail: dmitriymoiseev@mail.ru

Abstract

The development of modern, as well as the creation of advanced information systems (IS) requires the creation of a unified architecture, with unified hardware and software based on integrated integration not only at the technical, but also at the functional level, the components of the IC. The implementation of the above structure leads to a multiple increase in the amount of computations over data arrays of large capacity, carried out in real time, to the complexity of computational algorithms. As a result, there are sharp contradictions between the unit costs, speed, accuracy and fault tolerance. The work is enlightened on the formation of the methodology of VPPI and the development on its basis of the method, methods and algorithms for the synthesis of VT devices and components for promising and existing ICs built on the domestic element base, which becomes an effective and highly technological means of overcoming these contradictions.

**КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЕ ЯБЛОЧНОГО ПЕКТИНА С
ОРГАНИЧЕСКИМИ И НЕОРГАНИЧЕСКИМИ НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНЫМИ
БИОРЕГУЛЯТОРАМИ И ПОЛУЧЕНИЕ НА ИХ ОСНОВЕ НОВЫХ
МАТЕРИАЛОВ, ОБЛАДАЮЩИХ АНТИМИКРОБНОЙ АКТИВНОСТЬЮ**

Р.Х. Мударисова¹, О.С. Куковинец², А.Ф. Сагитова²

¹*Уфимский институт химии УФИЦ РАН, г. Уфа, 450054, Россия,*

e-mail: mudarisova@anrb.ru

²*Башкирский государственный университет, г. Уфа, 450005, Россия,*

e-mail Ku47os@yandex.ru

Спектрофотометрическими методами исследована термодинамика комплексообразования систем яблочный пектин-фармакологически активная кислота (никотиновая, 5-аминосалициловая, антралиловая, салициловая)-йод в водных растворах при различных температурах. Установлены состав и константы устойчивости образующихся комплексов, оптимальные условия реакции. Выявлена связь между структурой модифицирующей пектин органической кислоты и устойчивостью продуктов реакции. Показано, что взаимодействие фармакофорсодержащей пектиновой матрицы с йодом контролируется только энтальпийной составляющей ($\Delta H^\circ < 0$, $\Delta S^\circ < 0$). Обнаружено, что в модифицированной пектиновой матрице активными центрами, непосредственно вступающими в реакции взаимодействия с йодом, являются кислородсодержащие функциональные группы. Изучены электропроводящие свойства растворов и пленок йодсодержащих пектиновых комплексов. Установлено, что допированные йодом полимерные образцы обладают большей электропроводностью по сравнению с исходными соединениями. По результатам проведенного микробиологического испытания установлена высокая антибактериальная активность йодсодержащих материалов на основе фармакофорсодержащих пектинов.

Введение. Проблема использования полимеров для создания принципиально новых типов лекарственных препаратов пролонгированного действия на сегодняшний день является актуальной. Наибольшее внимание исследователей привлекают комплексы полисахаридов с биологически активными соединениями в качестве биосовместимых материалов с новыми для медицины и фармакологии свойствами [1, 2]. Для пектинов характерно образование межмолекулярных связей с органическими и неорганическими лекарственными веществами, что способствует повышению биодоступности последних, резко снижая вредное гастротоксическое действие этих лекарств, а также стабилизирует и пролонгирует действие препаратов в несколько раз [3, 4].

Одним из перспективных направлений является изучение взаимодействия йода с биомолекулами [5, 6]. Комплексы йода с полисахаридами, с одной стороны, могут являться моделью для детального рассмотрения процессов, протекающих в природе, поскольку йод как биоактивный элемент оказывает существенное влияние на жизнедеятельность, а с другой - находят применение в качестве антисептических средств и йодсодержащих пищевых добавок. Соединения йода и препараты на их основе широко применяются для различных целей. Йод подавляет рост и действует бактерицидно на различные группы микроорганизмов, но высокая токсичность существенно ограничивает его применение. Комплексы йода с биомолекулами, в том числе и с пектином, позволяют уменьшить токсичность при сохранении его антимикробных свойств [7]. В связи с вышесказанным изучение иммобилизации различных органических и неорганических фармакофоров на полисахаридной матрице и изучение характеристик комплексов является актуальной задачей.

Цель данной работы состояла в исследовании взаимодействия яблочного пектина (ПК), модифицированного фармакологически активными кислотами, с йодом, разработке условий получения устойчивых бактерицидных пленок на их основе с контролируемой динамикой выделения йода. В качестве фармакологически активных кислот использованы никотиновая кислота (НК), обладающая РР-витаминной активностью, салициловая (СК) и 5-аминосалициловая (5АСК) кислоты с противовоспалительным и противоязвенным действием, а также такое фармакологически значимое соединение как антралиловая кислота (АК) [8].

Экспериментальная часть. В эксперименте использовали яблочный пектин торговой марки Unipectine XPP240 с молекулярной массой 26000 Da и степенью этерифицирования 80%. НК, СК, 5-АСК, АК марки «ч.д.а.» использовали без дополнительной очистки. Синтез фармакофорсодержащих пектинов (ФП) и их свойства описаны ранее в работе [9]. В эксперименте использовали йод металлический, марки ч., дважды возогнанный. ИК-спектры образцов записывали на спектрофотометре «Shimadzu» в вазелиновом масле в области 400 – 4000 см⁻¹. УФ-спектры водных растворов соединений снимали в кварцевых кюветах толщиной 1 см относительно воды на спектрофотометре “Specord M-40” в области 220-700 нм. Суммарная концентрация ПК и/или ФП и йода в изомолярной серии была постоянной 1×10⁻⁴ моль/л. Молярные отношения [ПК]/[I₂] и/или [ФП]/[I₂] варьировали от 50/1 до 1/20. В сериях растворов с постоянной концентрацией йода, равной 1×10⁻⁴ моль/л, концентрацию ПК и/или ФП изменяли от 0.25 ×10⁻⁴ и до 1×10⁻² моль/л.

Пленочные материалы на основе комплексов ФП, ПК, ПК-йод, ФП-йод формировали методом полива растворов на стеклянную подложку с последующим испарением растворителя в вакууме над пятиокисью фосфора. Далее пленки высушивали при температуре 25^oC в вакууме до остаточной влажности 5 – 7%. Массовая концентрация ПК или ФП в исходном растворе составляла 2 г/дл. Концентрация йода в растворе составляла 1 и 70 г/дл. Толщина пленок во всех экспериментах поддерживалась постоянной и равной 0.1 мм. Для измерения электропроводности использовали прибор RLCC. Измерения проводили на пленках толщиной 100 – 300 мкм. Измерялось сопротивление образцов (R). Удельная электропроводность определялось по формуле: $\sigma = R \frac{l}{S}$ где σ – удельная электропроводность, l – толщина пленки, $S = \pi d^2/4$ – площадь электродов. Антибактериальную активность иодсодержащих пектиновых комплексов определяли диско-диффузионным методом. Для определения чувствительности использовали питательную среду, приготовленную из мясо-пептонного бульона с добавлением агар-агара. В стерильные чашки Петри разливали мясо-пептонный агар толщиной в 4 мм и засеивали чистые культуры возбудителей гнойной инфекции (*Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*) методом «сплошного газона». Не позднее чем через 5 мин после инокуляции на поверхность питательной среды наносили изучаемые соединения. Далее чашки Петри помещали в термостат и инкубировали при температуре 37^oC в течение 24 часов. После окончания инкубации оценивали размер зон задержки роста культур микроорганизмов на месте аппликации исследуемых систем.

Анализы (измерения и расчеты) выполнены на оборудовании ЦКП «Химия» УФИХ РАН.

Обсуждение результатов. Динамику формирования комплексов ФП с йодом в водном растворе изучали методом электронной спектроскопии. При добавлении йода в водный раствор ПК-НК или ПК в области спектра 285-300 нм наблюдается повышение интенсивности полос поглощения (ПП) ионов I₃⁻, причем для ПК максимумы поглощения сдвигаются в сторону меньших длин волн на 5 нм, а для образца ПК-НК происходит bathochromный сдвиг ПП ионов I₃⁻ до 10 нм (табл. 1). В видимой области спектра $\lambda=456-458$ нм для данных соединений происходит понижение интенсивности полосы поглощения свободного йода и ее гипсохромный сдвиг на 5-7 нм. Для

водного раствора смеси ПК-5АСК и йода максимум ПП в области 310 нм исчезает и появляется ПП при 365 нм, характерная для ионов I_3^- и широкая размытая полоса от 455 до 600 нм, с перегибом при 505 нм, которую можно отнести к поглощению полийодидов [10]. В УФ-спектре водного раствора смеси ПК-АК и йода происходит сглаживание ПП при $\lambda=235$ нм, снижение интенсивности и смещение максимума ПП $\lambda=320$ нм на 10 нм в длинноволновую область, а ПП свободного йода в видимой области не наблюдается. Полученные данные свидетельствуют о разной природе связывания йода с полимерной матрицей, что определяется характером функциональных групп, содержащихся в ФП. Анализ электронных спектров водных растворов смесей ПК- I_2 , ПК-НК- I_2 , ПК-АК- I_2 , свидетельствует об образовании молекулярных комплексов, а в случае ПК-5АСК- I_2 образуется комплекс с переносом заряда.

Таблица 1

Физико-химические характеристики образцов

Соединение	ИК спектр, ν , cm^{-1}	УФ-спектр, λ , нм
ПК- I_2	3371 ν (ОН); 1143, 1049 ν (С-С, С-О); 1734 ν (С=О); 893, 797, 722, 626 внеплоскостные и пульсационные колебания δ ОН	285, 360, 456
ПК-5АСК- I_2	3367 ν (ОН); 1730 ν (С=О); 1135, 1014 ν (С-С, С-О); 830, 773, 619, 539 внеплоскостные и пульсационные колебания δ ОН	370, 505
ПК-АК- I_2	3340 ν (ОН); 1720 ν (С=О); 1005, 1100 ν (С-С, С-О); 850, 700, 680, 525 внеплоскостные и пульсационные колебания δ ОН	235, 330
ПК-НК- I_2	3377 ν (ОН); 1743 ν (С=О); 1020, 1145 ν (С-С, С-О); 833, 748, 634, 534 внеплоскостные и пульсационные колебания δ ОН	263, 300, 350, 457

Методами мольных отношений и изолярных серий [11] определены устойчивость и составы систем ФП - йод, которые составили 1:1. По устойчивости йодсодержащие комплексы располагаются в ряд ПК- I_2 <ПК-АК- I_2 <ПК-5АСК- I_2 <ПК-НК- I_2 (табл. 2). Введение органической компоненты в полимерную матрицу способствует увеличению устойчивости йодсодержащих комплексов в 50-250 раз по сравнению с системой ПК- I_2 .

Тепловой эффект реакции образования комплекса вычислен по уравнению Вант-Гоффа в интегральной форме. Из анализа термодинамических характеристик комплексов, следует, что взаимодействие ФП с йодом контролируется только энтальпийной составляющей ($\Delta H^\circ < 0$, $\Delta S^\circ < 0$) (табл. 2). Согласно данным ИК-спектроскопии в йодсодержащих образцах наблюдается изменение контура полосы поглощения валентных колебаний ОН-групп в области 3400-3200 cm^{-1} и их низкочастотный сдвиг на 62-26 cm^{-1} (табл. 1). Кроме того, происходит низкочастотный сдвиг полосы поглощения соответствующей валентным колебаниям карбонильных групп на 11-9 cm^{-1} . На основании спектральных данных можно сделать вывод, что йод координируется главным образом по кислороду карбонильных и гидроксильных групп полимерных матриц.

Пленочные образцы пектина и комплексов на его основе подвергали действию паров йода, полученных в результате сублимации элементарного йода при комнат-

ной температуре. Для всех исследованных соединений происходит постепенное увеличение массы образца (табл. 3).

Таблица 2

Константы устойчивости и термодинамические характеристики для комплексов

Комплекс	T, °K	$\beta_k \cdot 10^{-3}$, л·моль ⁻¹	ΔH°_{298} , кДж/моль	ΔS°_{298} , Дж/моль·K	ΔG°_{298} , кДж/моль
ПК-I ₂	273	1.4	-25.8	-32.0	-15.7
	298	0.7			
	313	0.3			
ПК-НК-I ₂	273	540.0	-64.7	-117.4	-30.1
	298	190.0			
	313	100.0			
ПК-5АСК-I ₂	273	13.1	-74.9	-182.7	-21.0
	298	6.4			
	313	1.7			
ПК-АК-I ₂	273	6.8	-49.3	-98.0	-20.4
	298	6.2			
	313	1.7			

Таблица 3

Максимальное содержание йода в пленочных образцах после допирования и после десорбции

Образец	Время десорбции, час	*Время допирования, час	Содержание йода в образце		
			после допирования [I _{общ}], % масс	после десорбции	
				[I _{общ}], % масс	[I ₂], % масс
ПК-I ₂	144	96	4.2	1.1	0.6
ПК-НК-I ₂	72	24	65.5	33.0	14.4
ПК-АК-I ₂	350	408	65.5	33.0	18.6
ПК-5АСК-I ₂	170	192	60.5	33.2	5.5

Быстрее всего насыщение йодом наблюдается для пленки на основе системы ПК-НК. Долше всего допируется образец ПК-АК. Такое поведение исследуемых полимерных матриц при допировании, скорее всего, связано с различной надмолекулярной организацией и плотностью упаковки ПК и ФП. Для выяснения устойчивости синтезированных йодсодержащих соединений, допированные образцы оставили на воздухе.

Из табл. 3 видно, что происходит снижение массы образцов, которое, скорее всего, обусловлено испарением йода, продиффундировавшего не в толщу образца, а оставшегося на его внешней поверхности. Очевидно, что при допировании существует предельное содержание йода в образцах, соответствующее установлению равновесия. Таким образом, около 50% йода остается в составе комплекса, который, вероятно, внедряется в молекулярную структуру пектин-фармакофор.

Известно, что НК в составе комплекса с пектином приводит к высокой упорядоченности макромолекул полисахарида в пленке [9], что может способствовать увеличению электропроводности при комплексообразовании данной матрицы с йодом. Экспериментально определены значения сопротивления (R) для растворов ПК, фармакофоров, йода с йодидом калия и их комплексов. Из соотношения $R = \rho \cdot d / S$ расчи-

таны значения удельного сопротивления, обратная величина которого является проводимостью раствора (табл. 4). Обнаружено, что проводимость для всех веществ в растворе существенно не изменяется и обусловлено беспорядочным расположением молекул, что не способствует образованию заряженной поверхности.

Таблица 4

Значения сопротивления, удельного сопротивления и проводимости для растворов исходных веществ и их комплексов

Образец	Величина		
	$R \cdot 10^{-3}, \text{ Ом}$	$\rho \cdot 10^{-3}, \text{ Ом} \cdot \text{ м}$	$\sigma \cdot 10^4, (\text{ Ом/м})^{-1}$
ПК	3.5 ± 0.1	3.6 ± 0.1	2.8 ± 0.1
НК	3.2 ± 0.4	3.3 ± 0.4	3.1 ± 0.4
$I_2 + KI$	3.7 ± 0.3	3.7 ± 0.3	2.7 ± 0.2
ПК: $I_2 + KI$	3.3 ± 0.1	3.4 ± 0.1	3.0 ± 0.1
НК: $I_2 + KI$	2.8 ± 0.1	2.9 ± 0.1	3.5 ± 0.2
ПК:НК	3.2 ± 0.6	3.3 ± 0.6	3.1 ± 0.6
ПК:НК: $I_2 + KI$	2.9 ± 0.1	3.0 ± 0.1	3.4 ± 0.1

Аналогично определены значения сопротивления (R) для пленок ПК, комплексов на его основе с фармакофорами, а также пленок, допированных иодом (табл. 5)

Таблица 5

Значения удельной электропроводимости для пленок исходных веществ и их комплексов

Пленки	$\sigma, (\text{ Ом/м})^{-1}$	
	исходные	допированные
Пектин	$>5,65 \cdot 10^{-9}$	$5,65 \cdot 10^{-5}$
Комплекс ПК:НК	$>3,39 \cdot 10^{-9}$	$1,076 \cdot 10^{-7}$

Исходные пленки яблочного пектина и комплексов являются диэлектриками. В результате допирования пленок йодом наблюдается увеличение их электропроводящих свойств. Данные микроскопического исследования показали увеличение упорядоченности структуры комплексов, что может способствовать повышению электропроводности йодсодержащих пленок.

Результаты бактериологических исследований допированных йодом пектиновых пленок образцов представлены в таблице 6. Активность соединений оценивали по степени ингибирования роста возбудителей инфекций по сравнению с контролем. Как видно из таблицы, наибольшая зона задержки роста отмечена у образца ПК-НК- I_2 . Полученные результаты свидетельствуют о перспективности использования данных материалов в медицинской практике что, наряду с пролонгированностью действия и отсутствием агрессивности присущей йоду, делает перспективным их применение в качестве антисептических материалов мягкого действия.

Таким образом, включение в полимерную систему фармакологически активной органической кислоты способствует увеличению устойчивости йодсодержащих комплексов пектина. Показано, что введение органической субстанции в пектиновую матрицу приводит к значительному увеличению содержания йода, удерживаемому в образцах длительное время, по сравнению с нативным пектином. По результатам проведенного микробиологического испытания установлена высокая антибактериальная активность йодсодержащих материалов на основе фармакофорсодержащих пектинов.

Зона задержки роста микроорганизмов, мм²

Соединение	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Staphylococcus epidermidis</i>
I ₂	12.0	13.0
ПК-I ₂	15	-
ПК-НК	-	-
ПК-НК-I ₂	22.0	-
ПК-5-АСК	9.0	8.0
ПК-5-АСК-I ₂	20.0	10.0

Статья подготовлена в рамках выполнения программы ФНИ государственных академий на 2013-2020 г.г. Гос.задание № АААА-А17-117011910026-3.

Список литературы:

1. Y. Skorik, A. Golyshev, A. Kritchenkov, E. Gasilova, D. Poshina, A. Sivaram, R. Jayakumar. Development of drug delivery systems for taxanes using ionic gelation of carboxyacyl derivatives of chitosan. *Carbohydrate Polymers*. 2017. V. 162. P. 49-55.
2. Мударисова Р.Х., Кулиш Е.И., Зинатуллин Р.М., Таминдарова Н.Э., Колесов С.В., Хунафин С.Н., Монаков Ю.Б. Исследование взаимодействия хитозана с цефотаксимом // *Журнал прикл. химии*. 2006. Т. 79. №7. С. 1220-1222.
3. C. Kamonrak, N. Sathiti, M. Somkamol, R.Dass Crispin, S. Pornsak. Thiolated pectin-doxorubicin conjugates: Synthesis, characterization and anticancer activity studies. *Carbohydrate Polymers*. 2017. V.174. P. 493-506.
4. Alejandra Bermúdez-Oriaa, Guillermo Rodríguez-Gutiérrez, Elisa Rodríguez-Juana, Alejandro González-Benjumeab, Juan Fernández-Bolaños, Molecular interactions between 3,4-dihydroxyphenylglycol and pectin and antioxidant capacity of this complex in vitro. // *Carbohydrate Polymers*. 2018. V. 197. P. 260-268.
5. Yang Tang, Linlin Xie, Mingze Sai, Ningning Xu, Derun Ding Preparation and antibacterial activity of quaternized chitosan with iodine // *Materials Science and Engineering C*. 2015. V. 48. P. 1-4.
6. L. Loannis, R. Loris, S. Liker, Controlled antiseptic by alginate polymer films and beads // *Carbohydr. Polym.* 2013. V. 92. P. 176–183.
7. О.С. Куковинец, Р.Х. Мударисова, Д.Ф. Плеханова, А.В.Тарасова, М.И. Абдуллин. «Комплексы пектин-никотиновая кислота-йод в качестве основы новых материалов с высокой бактерицидной активностью» // *Журнал прикладной химии*. 2014. Т.87. № 10. С. 1474-1479.
8. Машковский М.Д. Лекарственные средства. М.: Медицина, 1984. Т.2. 405 с.
9. Куковинец О.С., Мударисова Р.Х., Володина В.П., Тарасова А.В., Мокина А.З., Абдуллин М.И. Комплексообразование яблочного пектина с некоторыми азот- и кислородсодержащими органическими фармакофорами. *Химия природных соединений*. 2014. № 1. С. 48-51.

COMPLEXATION OF APPLE PECTIN WITH ORGANIC AND INORGANIC LOW MOLECULAR WEIGHT BIOREGULATORS AND OBTAINING ON THEIR BASIS NEW MATERIALS WITH ANTIMICROBIAL ACTIVITY

R.Kh. Mudarisova¹, O.S. Kukovinets², A.F. Sagitova²

¹Ufa Institute of Chemistry, Ufa, 450054, Russia, e-mail: mudarisova@anrb.ru

²Bashkir State University, Ufa, 450005, Russia, e-mail: Ku47os@yandex.ru

Abstract

The thermodynamics of complexation of the systems of apple pectin-pharmacologically active acid (nicotinic, 5-aminosalicylic, anthranilic) iodine in aqueous solutions at various temperatures has been studied by spectrophotometric methods. The

composition and stability constants of the resulting complexes, the optimal reaction conditions were established. The relationship between the structure of the pectin modifying organic acid and the stability of the reaction products was revealed. It was shown that the interaction of the pharmacophoring pectin matrix with iodine is controlled only by the enthalpy component ($\Delta H < 0$, $\Delta S^\circ < 0$). It has been found that in the modified pectin matrix, the active centers directly reacting with iodine are oxygen-containing functional groups. The conductive properties of solutions and films of iodine-containing pectin complexes were studied. It has been established that polymer samples doped with iodine have a higher electrical conductivity compared to the initial compounds. According to the results of the microbiological test, high antibacterial activity of iodine-containing materials based on pharmacofor-containing pectins was established.

УДК 622.139

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИЗОТОПНОГО АНАЛИЗА УРАНА В РАЗЛИЧНЫХ ПРИРОДНЫХ ВОДАХ УРАНОНОСНЫХ РЕГИОНОВ УЗБЕКИСТАНА

А.М. Музафаров¹; Г.М. Аллаберганова²; М.А. Мустафоев¹

¹ГП «Навоийский горно-металлургический комбинат»,
г. Навои, 210100, Республика Узбекистан, e-mail: Mustafoyev.dilshod@mail.ru

²Навоийский государственный горный институт,
г. Навои, 210100, Республика Узбекистан

В работе приведены результаты проведения изотопного анализа урана альфа - спектрометрическим методом в различных природных водах ураноносных регионов Узбекистана. Для проведения изотопного анализа урана в различных природных водах проводят предварительную радиохимическую подготовку водных проб, которой включает в себе концентрирование изотопов урана из водных проб, экстракционное отделение от мешающих радионуклидов и железа, приготовление электрическим способом счетного образца, электролитическое осаждение урана и т.д. На основе полученных данных установлена прямо пропорциональная связь между концентрацией изотопа ²³⁴U и суммарной объёмной альфа-активностью вод.

Для проведения изотопного анализа урана в различных природных водах ураноносных регионов в большинстве случаев приходится прибегать к многостадийной методике, включающей стадии химического разделения или концентрирования элементов. Ко всем используемым методам предъявляют высокие требования по точности и чувствительности, так как вариации изотопных отношений урана, как правило, не бывают значительными, а содержания определяемых изотопов урана невелики. Особые проблемы возникают при определении изотопного состава урана в различных природных водах ураноносных регионов. Устранение таких проблем, получение достоверных результатов при проведении исследований и разработке методик определений изотопного состава урана в различных природных водах ураноносных регионов являются актуальной задачей прикладной ядерной физики и радиоэкологии [1-4,8].

Наиболее доступным методом определения изотопного состава урана и других альфа-излучающих радионуклидов в различных природных водах является метод альфа-спектрометрии [5-7]. В этом случае основной задачей исследования является получение качественного источника или счетного образца, пригодного для измерения. Качество источника или счетного образца в данном случае будет определяться его толщиной и необходимым для получения качественного спектра содержанием альфа-излучателя. Для определения изотопов альфа-излучателя толщина источника не должна превышать 50 мкг/см², а общее содержание, например, урана, для проведения рутинных измерений - не менее 50 мкг в пробе.

Для проведения изотопного анализа урана в различных природных водах ураноносных регионов проводят предварительную радиохимическую подготовку водных проб, которая включает концентрирование изотопов урана из водных проб, экстракционное отделение от мешающих радионуклидов и железа, приготовление электрическим способом счетного образца. Электролитическое осаждение урана проводится на подложку из коррозионно-стойкой нержавеющей стали.

Концентрирование урана из водных проб осуществляется с помощью гидроксила железа. Мешающими альфа-излучателями при выполнении альфа-спектрометрических измерений изотопов урана могут быть главным образом Po-210 (E=5,305 МэВ), Ra-226 (E=4,777 МэВ) и Th (E=4,685МэВ).

Решение задачи фоновый мониторинг является необходимой стадией определения источника загрязнения. Поэтому использование метода альфа-спектрометрического определения природных изотопов урана позволяет решить задачу как фоновый мониторинг в природных водах, так и дает основание для разработки мероприятий по выявлению источника загрязнения в природных экологических объектах.

Все природные изотопы урана (234, 235, 238) в процессе радиохимической подготовки ведут себя одинаково и выделяются одновременно [2-4].

Исследования проведены в следующем последовательном порядке:

Концентрирование изотопов урана. Исследуемую водную пробу объемом 1 литр подкисляли соляной кислотой до $pH=1$ и выдерживали не менее 6 часов. Затем пробу кипятили под часовым стеклом в течение 20 минут до удаления углекислоты (если воды окрашены, дополнительно перед кипячением вводили $1\text{ см}^3 \text{ H}_2\text{O}_2$ для разрушения уранорганических соединений), после чего добавляли раствор хлорного железа из расчета 50 мг железа на 1 литр пробы воды, и осаждали гидроксиды аммиаком ($pH=8$). Осадку дали отстояться в течение 1-2 часов и декантировали прозрачный раствор над осадком. Затем осадок отфильтровывали через фильтр «белая лента» диаметром 11 см. Осадок, собранный на фильтре, растворяли 50 см^3 горячей (кипящей) азотной кислотой концентрации 7М, приливая ее небольшими порциями, так, чтобы захватить весь осадок, после чего фильтр промывали еще два раза по 10 см^3 горячей азотной кислоты.

Экстрагирование изотопов урана. Полученный азотнокислый раствор, содержащий изотопы урана, переводили в делительную воронку, приливая 15 см^3 свежеочищенного 30%-го ТБФ в толуоле и проводили экстракцию в течение 5 минут. Маточный раствор после разделения фаз сливали обратно в стакан, а органический экстракт промывали два раза равным объемом 7М азотной кислоты и один раз равным объемом раствора $0,25\text{ М HNO}_3$ в $0,04\text{ М HF}$ в течение одной минуты. Далее проводили реэкстракцию урана, для чего промывали органическую фазу три раза по одной минуте порциями дистиллированной воды по 15 см^3 . Объединенный водный раствор реэкстракта выпаривали досуха, прибавляли 5 см^3 концентрированной HNO_3 для удаления следов органических веществ и снова выпаривали досуха.

Электролитическое осаждение изотопов урана. Сухой остаток, содержащий изотопы урана, растворяют в 10 см^3 2%-го раствора соды при нагревании, отфильтровывают через фильтр «синяя лента» и переносят в электролитическую ячейку. Электроосаждение изотопов урана проводят на подложку из нержавеющей стали в течение 30 минут при постоянном токе 2А. Счетный образец измеряют на альфа-спектрометре типа ALPHA ANALYST «CANBERRA».

Полученные результаты и их обсуждение. Естественные радиоизотопы, в том числе изотопы урана, переходят из пород в воду, как правило, за счет растворения минералов и выщелачивания. Однако в природных водах, из-за различия миграционных способностей радиоактивных элементов и их изотопов, происходит нарушение радиоактивного равновесия в рядах урана, и потому значения соотношения между разными изотопами одного элемента могут отличаться от равновесных в десятки и сотни раз. Основная причина нарушения радиоактивного равновесия между изотопами урана в водной фазе заключается в том, что уран в природных условиях существует в четырех U^{4+} и шести U^{6+} (в форме уранил-иона UO_2^{+2}) валентном состояниях, и только в четырехвалентном состоянии ионы U^{4+} устойчивы в нейтральных средах. Это обуславливает различную растворимость минералов урана в воде (например, растворимость в воде $\text{U}(\text{OH})_4^{4-} \sim 10\text{-}12$ моль/л, $\text{UO}_2(\text{OH})_2^{2-} \sim 10\text{-}9$ моль/л), что и приводит к преобладанию содержания четырехвалентного урана над шестивалентным.

Кроме этого, при вылете альфа - частицы из ядра, они испытывают энергию отдачи, которая приобретает кинетическую энергию $\sim 0,1$ МэВ. Это энергия отдачи достаточна для нарушения связи дочернего ядра с материнским в кристаллической решетке и преодоления поля энергетической связи. Изотоп ^{238}U остается в узлах кристаллических решеток, а изотоп ^{234}U , покидая кристаллические решетки, будет находиться в межузловых промежутках кристалла и легко попадает в поры, трещины и другие нарушения кристалла (миграция I рода). Этим же процессом объясняется обогащение изотопом ^{234}U поровых вод около урановых рудников. Поэтому изотоп ^{234}U в геохимическом отношении оказывается более подвижным по сравнению с материнским изотопом ^{238}U . Другими словами, энергия α -частиц ^{234}U , равная 4770 кэВ, больше чем энергия α -частиц ^{238}U , которая равна 4195 кэВ

Результаты по определению изотопного состава урана в природных водах, отобранных из различных водоемов Кызылкумского региона, методом альфа-спектрометрии (табл.1), показали, что действительно имеет место нарушение радиоактивного равновесия между изотопами урана ($^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$) и увеличения суммарной объёмной альфа-активности в зависимости от концентрации ^{234}U . То есть, чем больше концентрация изотопа ^{234}U , тем выше суммарная объёмная альфа-активность пробы воды. При радиоактивном равновесии изотопов урана содержание ^{234}U должно находиться на уровне $53,41 \pm 1,5$ мкг/г.

Таблица 1

Результаты по определению изотопного состава урана в различных природных водах Кызылкумского региона.

№ проб	Количество импульсов - $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$	Концентрация - ^{234}U (мкг/г)	
		Параллельных пробах	Средний результат
1	16500/13200	$66,76 \pm 1,2$	$66,11 \pm 1,3$
	12400/10200	$65,45 \pm 1,4$	
2	13900/10600	$70,03 \pm 1,4$	$70,14 \pm 1,3$
	14600/11100	$70,25 \pm 1,2$	
3	15300/10600	$77,10 \pm 1,2$	$77,75 \pm 1,2$
	18200/12400	$78,39 \pm 1,1$	
4	18900/10600	$95,23 \pm 1,2$	$94,41 \pm 1,1$
	21200/12100	$93,58 \pm 1,0$	
5	23900/11200	$113,97 \pm 1,0$	$114,89 \pm 1,0$
	21900/10100	$115,81 \pm 1,0$	

Приведенные в табл. 1 результаты экспериментов подтверждают правильность наших предположений, то есть имеется прямо пропорциональная связь между суммарной объёмной альфа-активностью и концентрацией изотопа ^{234}U .

Из полученных результатов видно, что в подземных водах концентрация изотопа ^{234}U больше, чем в поверхностных водах. В нашем случае проба 1 и проба 2 являются поверхностными, а пробы 3, 4, 5 - подземными.

Таким образом, на основании методики радиохимической очистки урана от сопутствующих радиоактивных изотопов и приготовления так называемого «счетного образца» идентифицированы изотопы урана по их излучению и определены малые концентрации ^{234}U в природных водах различного происхождения.

Список литературы:

1. Возжеников Г.С., Бельшев Ю.В. //Радиометрия и ядерная геофизика. Учебное пособие. – Екатеринбург, 2006. – С.418с.
2. Бахур А.Е. Радиоактивность природных вод. //АНРИ - Вып.№2(8), 1996/97, - С.32 - 39.

3. Бахур А.Е., Малышев В.И., Мануилова Л.И., и др. Радиоактивность природных вод: от теории к практике. // АНРИ, - Вып №4(10), 1997, - С.54 - 59.
4. Бахур А.Е., Мартынюк Ю.Н., Тутельян О.Е. Некоторые принципы построения системы радиационного контроля питьевой воды. //Здоровье населения и среда обитания. Информационный бюллетень. -М.: Минздрав РФ, ФЦ ГСЭН, - Вып. №3(84), 2000. - С.13 - 15.
5. Музафаров А.М., Саттаров Г.С., Думбрава А.А., Петухов О.Ф., Ослоповский С.А. Исследование изотопного состава урана альфа-спектрометрическим методом. //Горный Вестник Узбекистана. 2005, - Вып. №2 (№21). – С.94-98.
6. Музафаров А.М., Саттаров Г.С., Глотов Г.Н., Кист А.А. О вопросе нарушения коэффициента радиоактивного равновесия между изотопами урана. //Горный Вестник Узбекистана, 2011. – Вып. №2.(29). – С.137-139.
7. Музафаров А.М., Саттаров Г.С., Кутбединов А.К., Аллаберганова Г.М. Методы предварительной оценки радиоактивности природных вод. //Инновационные технологии горно-металлургической отрасли. Тез. док. Рес. кон. Навои. 21 октябрь. 2011. - С.207-208.
8. Санитарные нормы и правила радиационной безопасности СанПиН № 0193-06, (НРБ и ОСПОРБ -2006). Ташкент. - 86 с.

**TECHNIQUE FOR CONDUCTING URANIUM ISOTOPE ANALYSIS
IN VARIOUS NATURAL WATER OF URANIUM-BEARING
REGIONS OF UZBEKISTAN**

A.M. Muzafarov¹; G.M. Allaberganova²; M.A. Mustafoev¹

¹«Navoi Mining-metallurgy Combine, Navoi city, 210100, Republic of Uzbekistan,
e-mail: Mustafoev.dilshod@mail.ru

²Navoi State Mining Institute, Navoi city, 210100, Republic of Uzbekistan

Abstract

The results of the isotope analysis of uranium alpha - spectrometric method in various natural waters of the uranium-bearing regions of Uzbekistan. To conduct isotopic analysis in various natural waters, a preliminary radiological study is conducted, which includes the provision of isotopic analysis in water, extraction separation from interfering radionuclides and iron, prepared electrically by counting sample, electrolytic deposition of uranium, etc. On the basis of the data obtained, a directly proportional relationship was established between the concentration of the ²³⁴U isotope and the total water activity.

МОНИТОРИНГ И ОЦЕНКА МОЩНОСТИ ЭФФЕКТИВНОЙ ДОЗЫ В ТЕХНОГЕННЫХ ОБЪЕКТАХ УРАНОВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

А.М. Музафаров¹; Г.М. Аллаберганова²; М.А. Мустафоев¹

¹ГП «Навоийский горно-металлургический комбинат»,

г. Навои, 210100, Республика Узбекистан, e-mail: Mustafoyev.dilshod@mail.ru

²Навоийский государственный горный институт,

г. Навои, 210100, Республика Узбекистан

В работе приведены результаты систематического мониторинга и оценки эффективной годовой дозы в техногенных объектах урановых производств. На основе полученных данных проведены расчеты годовых доз облучения работников (персонала) и населения прилегающих населенных пунктов и построена гистограмма.

Актуальность. Систематический мониторинг и оценка мощности эффективной дозы в техногенных объектах урановых производств предоставляет научно-методический интерес, с целью определения механизма изменения этих величин и предсказания закономерностей их динамики. На основании этих полученных значений можно проводить полноценные расчеты годовых эффективных доз (техногенная) для персонала, для ограниченной части населения и для населения расположенных вокруг этих объектов.

Основными задачами мониторинга и оценки мощности эффективной дозы в техногенных объектах являются:

- выявление участков с повышенными значениями мощности эффективной дозы и установление границ контролируемых территории;
- систематический контроль уровней мощности эффективных доз в пределах контролируемых территории, в том числе, на рабочих местах персонала и прилегающих населенных пунктах;
- прогнозирование и расчет годовых доз облучения работников (персонала) и населения прилегающих населенных пунктов;
- определение фоновых значений мощности эффективной дозы в окружающей среде в районе расположения предприятия;
- оценка реальной радиационной обстановки на объектах и разработка мероприятий по снижению мощности эффективной дозы для персонала, и для населения;
- анализ фактической эффективности мероприятий по обеспечению радиационной безопасности и выполнения норм, правил и гигиенических нормативов в области радиационной безопасности.

Техника и методы эксперимента мощности эффективной дозы (МЭД) в объектах проводили дозиметрами-радиометрами ДКС-96, эквивалентной равновесной объемной активности радона (ЭРОА) в атмосферном воздухе определяли приборами «Поиск» и радон-WL-метр, долгоживущих альфа-нуклидов (ДАН) в объектах, с отбором проб на аспирационные фильтры на приборе «Прогресс».

Полученные результаты и их обсуждение Эффективная годовая доза от всех радиационных факторов состоит из трех составляющих - среднегодовой мощности эквивалентной дозы - (МЭД), эквивалентной равновесной объемной активности радона - (ЭРОА) и объемной активности среднегодовых долгоживущих радионуклидов. На основании полученных значений этих факторов можно проводить расчет эффективной годовой дозы. В таб 1 приведены значение установленной нормы и формулы расчета вклада от всех радиационных факторов в эффективной годовой дозы по СанПиН-0193-06 Республики Узбекистан.

Расчетные данные вклада от всех радиационных факторов
в эффективной годовой дозы

Наименование точек наблюдения	Среднегодовая мощность эквивалентной дозы, (МЭД) (мкЗв/час)	Эффективная доза от внешнего облучения E ₁ (мЗв/год)	Эквивалентная равновесная объемная активность радона, (ЭРОА) (Бк/м ³)	Эффективная доза от внутреннего облучения E ₂ (мЗв/год)	Среднегодовая долгоживущие радионуклиды, (ДАН) (мБк/м ³)	Эффективная доза от внутреннего облучения E ₃ (мЗв/год)	Эффективная доза от сум-мы всех радиационно опасных факторов (сверх фона) $\sum E_1 + E_2 + E_3$ (мЗв/год)
Установленные нормы по СанПиН-0193-06	для населения - 0,1176		18,5		12,0		1
	для персонала - 11,76		1250		800		20

На основе полученных средних значений МЭД во всех исследованных объектах в течение 2011-2015 годах построили гистограммы рис. 1 (для населения), рис. 2 (для ограниченной части населения), рис. 3 (для персонала).

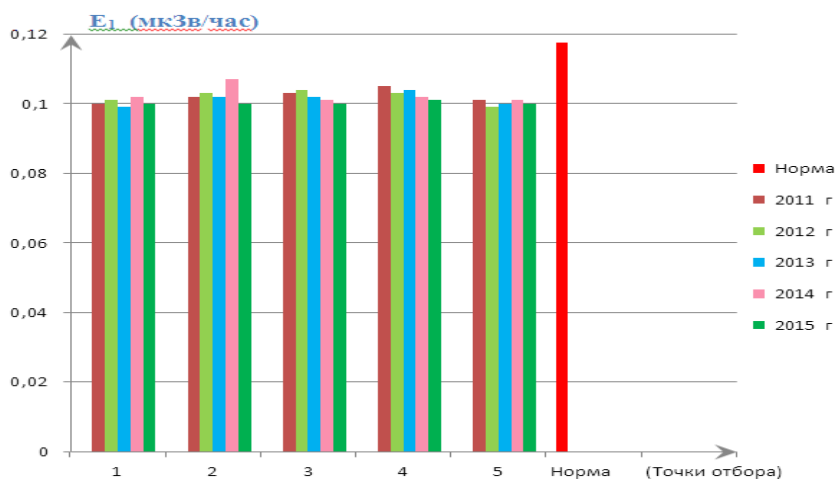


Рис 1. Изменения средней значение МЭД в течение 2011-2015 годах для населения.

Как видно из рис. 1, для исследования определены пять точек наблюдений. Во всех пяти точках наблюдений значение между собой сильно не отличается и всегда менее установленной нормы. Это показывает, что техногенный объект не несет техногенного влияния на наблюдательные точки.

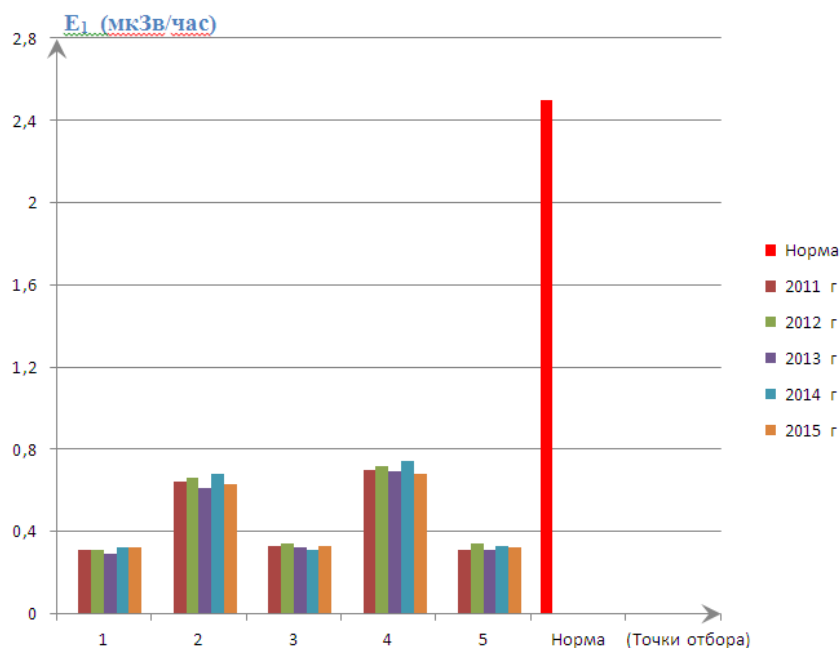


Рис 2. Изменения средней значение МЭД в течение 2011-2015 годах для ограниченнй часть населений.

Как видно из рис. 2, для исследования определены пять точек наблюдений. Из пяти точек наблюдений в точках 1, 3, 5 значение между собой сильно не отличаются, а в точках 2 и 4 значение больше, чем в точках 1, 3, 5 и всегда менее установленной нормы. Из-за близости точек наблюдение 2, 4 к источнику загрязнения средней значение МЭД относительно выше, чем в точках 1,3,5. Это показывает, что техногенный объект несет техногенное влияние на близкое расстояние.

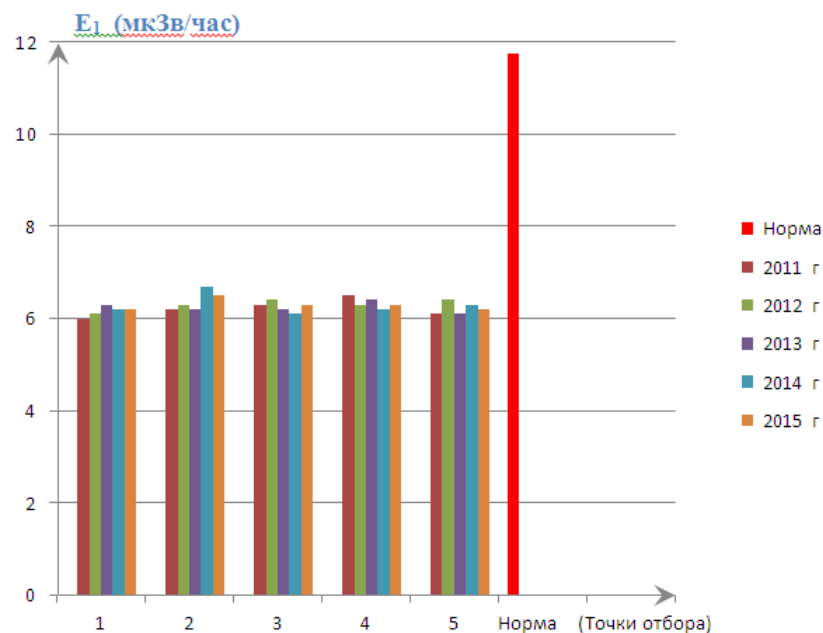


Рис 3. Изменения средней значение МЭД в течение 2011-2015 годах для персонала (категория А).

Как видно из рис. 3, для исследования определены пять точек наблюдений. Во всех пяти точках наблюдений значение между собой сильно не отличается и всегда менее установленной нормы. Техногенного влияния ограничивается на территории техногенного объекта. Из полученных данных видно, что персонал надежно защищен от радиационного влияния.

Таким образом, из проведенных наблюдений видно, что техногенные объекты урановых производств не является объектом радиоактивного загрязнения, а являются объектом оказывающего умеренного влияния на экосистему. На основании проведенных исследований и обобщений можно сделать вывод что, техногенное влияния данных объектов не выходит из территории данного объекта, персонал и окружающая среда надежно защищена от радиационного влияния. Норм и требований СанПиП-0193-06 Республики Узбекистан целиком и полностью выполняется.

Список литературы

1. Возжеников Г.С., Бельшев Ю.В. // Радиометрия и ядерная геофизика. Учебное пособие. – Екатеринбург, 2006. - С.418.
2. Пивоваров Ю.П., Михалев В.П. // Радиационная экология. – М.: Академия, 2004. – С.240.
3. Бекман И. // Радиоактивность, радионуклиды и радиация. –М.: PALMARIUM, 2014. – С.498.
4. Юинг Г. // Инструментальные методы химического анализа (перв. с англ Е.Н. Дороховой и Г.В. Прохоровой). – М.: «Мир», 1989. – С.630.
5. Музафаров А.М., Саттаров Г.С., Кадиров Ф.М., Латышев В.Е. Методы оценки техногенного влияния хвостохранилищ промышленных предприятий на окружающую среду. //Горный вестник Узбекистана. 2002 г. – Вып №2. - С.85 - 90.
6. Санитарные нормы и правила радиационной безопасности СанПиН №0193-06, (НРБ и ОСПОРБ -2006). Ташкент. – С.86.
7. Музафаров А.М., Темиров Б.Р., Саттаров Г.С. // Оценка влияния техногенных факторов на экологию региона. Горный журнал Москва. 2013. - Вып. №8 (1). – С.65 - 68.
8. Музафаров А.М., Темиров Б.Р., Саттаров Г.С. Экологический мониторинг техногенных факторов при добыче и переработке урана и золота. Экологический вестник, 2013. Вып № 12. (152). – С.24-33.
9. Музафаров А.М., Саттаров Г.С., Ослоповский С.А. // Радиометрические исследования техногенных объектов. «Цветные металлы». Москва. 2016. №2. - С. 15-18.

MONITORING AND ASSESSMENT OF EFFICIENT DOSE POWER IN THE TECHNOGEN OBJECTS OF URANIUM PRODUCTION

A.M. Muzafarov¹; G.M. Allaberganova²; M.A. Mustafoev¹

¹*«Navoi Mining-metallurgy Combine, Navoi city, 210100, Republic of Uzbekistan,
e-mail: Mustafoyev.dilshod@mail.ru*

²*Navoi State Mining Institute, Navoi city, 210100, Republic of Uzbekistan*

Abstract

The paper presents the results of systematic monitoring and evaluation of the effective annual dose in man-made objects of uranium production. Based on the data obtained, annual doses of workers (personnel) and the population of adjacent settlements were calculated and a histogram was plotted.

УДК 621.039

КОНЦЕПЦИЯ СРАВНИТЕЛЬНЫХ ОЦЕНОК ОБЪЕКТОВ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ ПО ПОТЕНЦИАЛУ ОПАСНОСТИ

Е.В. Муравьев

*ЧУ ГК «Росатом» «Инновационно-технологический центр проекта «ПРОРЫВ»,
Москва, 107140, РФ, email: meb@proryv2020.ru*

Концепция потенциала опасности предлагается с целью получения достаточно простых сравнительных количественных оценок с учетом наиболее существенных факторов, обусловленных физическими особенностями рассматриваемых объектов, влияющими на их безопасность. Ставится цель получения индикаторов, которые, будучи количественными по форме, в сравнении с результатами специализированных детальных расчетов характеристик объектов ядерной энергетики (ЯЭ) будут носить качественный характер. Такой подход представляется полезным как для лучшего осознания положения с безопасностью действующих и проектируемых объектов самими разработчиками, так и для создания предметной базы обсуждений между профессионалами и общественностью, между специалистами и политиками, принимающими решения.

Определение потенциала опасности. Принципиальным моментом в предлагаемой концепции является ориентация на оценку опасности, обусловленной физической природой, неотъемлемыми внутренне присущими свойствами рассматриваемых объектов. Речь идет только о потенциалах, и никакие барьеры, которые могли бы задержать распространение опасных веществ, не принимаются во внимание. Такие оценки не связаны с анализом конкретных типов аварий и лежат вне поля традиционного вероятностного анализа безопасности (ВАБ), но могут служить полезным дополнением к его результатам.

В рамках концептуального подхода потенциал опасности PD (PotentialDanger) объекта может быть выражен простой формулой:

$$PD = PA \times PM, \quad (1)$$

где PA (Potential of Accumulation) – потенциал аккумуляции опасных веществ,

PM (Potential of Mobilization) – потенциал мобилизации опасных веществ.

В первом приближении данная работа ограничивает круг рассматриваемых опасных объектов реакторными установками (РУ) атомных электростанций (АЭС) с запасенной в них радиоактивностью. В таком случае можно сразу отметить, что в силу физической природы данного класса объектов, осуществляющих управляемую реакцию деления тяжелых ядер, количества ядерных материалов и продуктов деления, обуславливающих опасную радиоактивность, по порядку величины сопоставимы при равной мощности РУ различных типов. В то же время потенциал мобилизации PM может отличаться кардинально, определяя тем самым и критически важные различия в общей характеристике потенциала опасности. С учетом сказанного дальнейшее рассмотрение посвящено именно этому показателю.

Потенциал мобилизации. В общем случае возможного высвобождения запасенной энергии, представляющей опасность при потере контроля над РУ, можно выделить три основных составляющих: ядерную, термомеханическую, химическую. Сумма этих трех компонент в единицах энергии составляет потенциал мобилизации:

$$PM = PM_n + PM_{tm} + PM_{ch}, \quad (2)$$

где PM_n - ядерная (nuclear) составляющая, определяемая избыточным энерговыделением от ядерной реакции деления при неконтролируемом разгоне реактора, а также остаточным энерговыделением после прекращения самоподдерживающейся реакции;

PM_{tm} - термомеханическая (thermo-mechanical), связанная с наличием объемов газа или перегретой жидкости под давлением, а также и нагретых нелетучих рабочих сред и конструкционных материалов;

PM_{ch} - химическая (chemical), связанная с возможными цепочками реакций как внутри РУ, так и с компонентами окружающей среды, прежде всего, с воздухом и водой.

Для более детальных оценок необходима дополнительная структуризация РМ. Введем понятие активного (active) потенциала опасности PM^a и пассивного (passive) PM^p . К активному будем относить те части запасенной энергии, которые могут быть высвобождены непосредственно в самой РУ, а к пассивному – те, которые могут давать вклад в мобилизацию лишь при взаимодействии с окружающей средой. Теперь каждая из трех упомянутых выше составляющих РМ может быть представлена в виде двух слагаемых:

$$PM_n = PM_n^a + PM_n^p, \quad (3)$$

где активная составляющая включает возможное высвобождение ядерной энергии при неконтролируемом разгоне реактора с испарением части топлива, т.е. образованием высокотемпературной газовой фазы под высоким давлением, способной непосредственно произвести механическую работу мобилизации радиоактивности; пассивная составляющая соответствует остаточному энерговыделению в ядерном топливе и конструкционных материалах активной зоны, которое может способствовать мобилизации радиоактивности при «активизации» этой энергии в результате взаимодействия с агентами окружающей среды (воздухом, водой).

$$PM_{tm} = PM_{tm}^a + PM_{tm}^p, \quad (4)$$

где активная термомеханическая составляющая представляет запасенную энергию в нормальном режиме работы РУ, связанную с наличием перегретой жидкости, пара или газа под высоким давлением, а пассивная учитывает наличие нагретых нелетучих рабочих сред и конструкционных материалов.

$$PM_{ch} = PM_{ch}^a + PM_{ch}^p, \quad (5)$$

где активная химическая составляющая относится к возможным химическим реакциям между рабочими средами и материалами в самой РУ, а пассивная – к реакциям с воздухом и водой окружающей среды.

В таблице 1 приведены тепловые эффекты экзотермических реакций некоторых материалов РУ.

Таблица 1

Тепловой эффект экзотермических реакций некоторых материалов РУ

Материал	Водород (H ₂)	Натрий (Na)	Цирконий (Zr)
Реакция	H ₂ + 1/2 O ₂ = H ₂ O	2Na + 2H ₂ O = 2NaOH + H ₂	Zr + 2H ₂ O = ZrO ₂ + 2H ₂
Энергия, МДж/кг	0,14	1,41	6,53

Согласно приведенным выше определениям пассивных составляющих РМ, их вклад в процесс мобилизации радиоактивности обусловлен доступом воздуха или воды окружающей среды к внутренним рабочим средам и материалам РУ, т.е. при условии активизации запасенной пассивной энергии. Поэтому далее будем рассматривать пассивную составляющую РМ с поправкой, учитывающей возможность ее активизации, причем не вероятностную, а детерминистически обусловленную физическими свойствами данного объекта. Поправку предлагается построить с использованием двух независимых факторов: реактивности (далее R-фактор) и фактора потери теплоносителя (далее L-фактор).

R-фактор характеризует возможность неконтролируемого разгона РУ с испарением части топлива, приводящего к взрыву. Ключевым параметром при определении

этого фактора, как показано в работе [1], является отношение полного запаса реактивности активной зоны РУ $\Delta\rho$ к ее предельно допустимому значению $|\rho|$. Величина этого отношения различна для РУ различных типов и может рассматриваться в качестве важного показателя, относящегося к их безопасности. При $x = \Delta\rho/|\rho| < 1$ R-фактор принимается равным 0, тогда как значения $x \geq 1$ должны соответствовать заведомому испарению топлива и взрыву с активизацией всей пассивной составляющей РМ, т.е. R-фактор в данном случае должен быть равен 1.

L-фактор LF, учитывающий возможность активизации пассивной составляющей РМ вследствие разрушения РУ при потере теплоносителя, также предлагается задавать для каждого типа РУ равным 1 или 0 по принципу «да-нет». То есть в случае физической возможности потери теплоносителя (блочная конструкция, летучий теплоноситель типа перегретой воды или газа) $LF = 1$, если такая возможность детерминистически исключена (интегральная конструкция, нелетучий теплоноситель), то $LF = 0$.

В соответствии с изложенным поправка на возможность активизации пассивной накопленной энергии с учетом двух независимых факторов может быть задана следующим соотношением:

$$K_a = \max(RF, LF), \quad (6)$$

а окончательное выражение для потенциала мобилизации примет вид:

$$PM = (PM_n^a + PM_{tm}^a + PM_{ch}^a) + K_a * (PM_n^p + PM_{tm}^p + PM_{ch}^p), \quad (7)$$

Численные значения РМ удобно будет выражать в логарифмическом масштабе абсолютных значений энергии (измеряемой, например, в ГДж).

Численные оценки РМ. Представленные ниже результаты численных оценок получены по данным работы [1] для РУ на быстрых нейтронах типа БР-1200 (со свинцовым теплоносителем), БН-1200 (с натриевым теплоносителем) и для реакторных установок на тепловых нейтронах типа ВВЭР.

В таблице 2 для указанных РУ приведены значения составляющих РМ, максимальных запасов реактивности $\Delta\rho$, ее предельно допустимых значений $|\rho|$, отношений x , R- и L-факторов. В конце таблицы даны полученные значения РМ, как абсолютные (в логарифмическом выражении), так и относительные - на 1 ГВт электрической мощности, которая является показателем полезности РУ, оправдывающим ее опасность.

Как видно из результатов оценок в таблице 2, сопоставление традиционных водоохлаждаемых ВВЭР и РУ с быстрыми реакторами с жидкометаллическими теплоносителями по величине потенциала мобилизации радиоактивности свидетельствует о несомненном преимуществе последних, представляющих новую технологическую платформу ЯЭ. При этом следует помнить, что различия в значениях РМ отражают разницу физических величин его составляющих на порядки (аналогия с оценкой силы землетрясений в баллах).

Заключение. Предложена концепция потенциала опасности для объектов ядерной энергетики и приведена методика его определения с использованием показателя потенциала мобилизации радиоактивности применительно к реакторным установкам.

Для нескольких типов реакторных установок представлены результаты оценок потенциала мобилизации в качестве простого по смыслу нового показателя, который может быть использован в дополнение к результатам традиционных специализированных расчетов, выполняемых в рамках вероятностного анализа безопасности.

Выполненные оценки свидетельствует о несомненном преимуществе реакторных установок на основе быстрых реакторов с жидкометаллическими теплоносителями, представляющих новую технологическую платформу ЯЭ, по отношению к традиционным водоохлаждаемым РУ типа ВВЭР.

Результаты оценок потенциала мобилизации

РУ	БР-1200	БН-1200	ВВЭР-1000
PM_n^a , ГДж	158	238	152
PM_n^p , ГДж	$7,3 \cdot 10^6$	$6,8 \cdot 10^6$	$6,4 \cdot 10^6$
$\Delta\rho$, β (%)	1,2 (0,4)	4 (1,4)	17 (12,3)
$ \rho $, β (%)	5 (3,5)	5 (3,5)	9 (6,5)
$x = \Delta\rho / \rho $	0,24	0,80	1,89
RF(x)	0	0	1
PM_{tm}^a , ГДж	0,3	0,4	14,4
PM_{tm}^p , ГДж	3972	3355	990
PM_{ch}^a , ГДж	0	0	1545
PM_{ch}^p , ГДж	0	11012	0
LF	0	0	1
lg PM	2,2	2,4	6,8
$(lg PM) / P_{ру}$, 1/ГВт(э)	1,8	2,0	6,8

Список литературы:

1. С.А. Макаров, Е.В. Муравьев. Программный код для экспресс-анализа переходных процессов при быстром вводе реактивности в РУ типа БРЕСТ, БР, БН, ВВЭР. ЧУ ГК «Росатом» «Инновационно-технологический центр проекта «ПРОРЫВ», 2016, Москва.

**CONCEPT OF COMPARATIVE ESTIMATES FOR NUCLEAR
POWER UNITS IN TERMS OF DANGER POTENTIAL**

E.V. Muraviev

*Innovation and Technology Center for "Proryv" Project,
Rosatom State Atomic Energy Corporation, Moscow, 107140, RF,
e-mail: meb@proryv2020.ru*

Abstract

Concept of nuclear power objects danger potential is suggested and method of its calculation proposed for nuclear power units, using a potential of radioactivity mobilization.

For several different power unit types are presented the calculation results of the radioactivity mobilization potential as a new simple complimentary factor which can be used along with the results of the traditional probabilistic safety analysis.

ПРИМЕНЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ФОТО-ДИЗЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА В ВОПРОСАХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Д.И. Муравьев¹; Б.В. Лукутин²

¹Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск, 634-034, Российская Федерация, e-mail: ¹dim15@tpu.ru, ²lukutin48@mail.ru

Авторами статьи определен и обоснован альтернативный способ повышения энергетической безопасности и улучшения технико-экономических показателей автономных систем электроснабжения (АСЭС): интеграция в их состав на постоянном токе распределенных фотоэлектрических станций (ФЭС).

В статье представлена компьютерная модель, имитирующая суточные режимы генерации, потребления и инсоляции удаленного объекта России – села Токма Иркутской области. Производится сравнительный анализ существующей дизельной системы электроснабжения с предлагаемой фото-дизельной АСЭС постоянного тока с системой накопления энергии. Авторы анализируют энергетический баланс АСЭС с выделением вклада каждого из энергоисточников. Представлены сравнительные характеристики технических решений гибридных систем электроснабжения с точки зрения энергобезопасности.

В результате исследований показаны преимущества гибридной АСЭС постоянного тока: повышена "живучесть" системы, повышено качество напряжения у потребителей децентрализованного объекта, снижены потери электрической энергии, снижена себестоимость производимой электроэнергии.

Введение. Создание микросетей постоянного тока и внедрение интеллектуальных технологий на базе возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в распределенную генерацию – одни из перспективных способов расширения и диверсификации топливно-энергетического рынка государств, преследующих энергетическую безопасность и независимость [1]. Возможность эффективно использовать потенциал микросетей постоянного тока появляется при сочетании распределённой генерации с рассредоточенными во времени и пространстве возобновляемыми энергоресурсами. Использование в дизельной АСЭС дополнительных энергоисточников – распределённых ФЭС – позволяет укрепить некоторые чувствительные позиции энергетической безопасности: устойчивость и "живучесть" АСЭС.

На сегодняшний день, с целью повышения энергоэффективности, свою нишу на рынке пробуют найти проекты локальных микросетей постоянного тока, где группы электроприемников переменного тока подключены через автономные инверторы. Надежность распределительной системы подобных проектов подтверждена результатами работы исследовательской установки в сети общего пользования в Финляндии. Эта исследовательская установка была построена и апробирована в сотрудничестве с Технологическим университетом Лаппеэнранты [2].

Необходимо раскрыть спектр значительных преимуществ микросетей постоянного тока, а именно:

- эффективная плотность интеграции ВИЭ, являющихся источниками постоянного напряжения: фотоэлектрические модули, ветроэлектрические установки со статическими преобразователями параметров электроэнергии, аккумуляторные системы накопления, топливные элементы и т.д.;
- доступное согласование перечисленных прерывистых энергоресурсов, не требующих взаимной синхронизации. Данные энергоресурсы способны связываться между собой так, что нет необходимости для взаимосвязанных систем использовать

одинаковые классы напряжения;

- эффективное управление графиками нагрузки, включая накопление электрической энергии в периоды избытка и генерации в момент дефицита. Такая система обеспечивает управление нагрузками и блоками генерации для устранения пиков мощности и уменьшения объема требуемой выработки электроэнергии от основного энергоисточника, например, дизельной электрической станции (ДЭС);

- повышенная электробезопасность микросетей постоянного тока, например, колебания напряжения, видимые для конечных потребителей, могут быть устранены с помощью интеллектуального управления силовой электроникой, которое позволяет работать в широком диапазоне напряжений. Кроме того, системы постоянного тока обладают большей пропускной способностью по сравнению с типичной системой переменного тока (следует отметить, что в постоянном токе реактивная мощность отсутствует);

- наконец, как совокупный результат, микросети постоянного тока с распределенными ФЭС, могут принести экономию затрат через сокращение потерь, повышение качества электроэнергии, экономию топливного ресурса и снижение себестоимости 1 кВт·ч. В целом перечисленные достоинства рассматриваемых АСЭС постоянного тока прямо или косвенно влияют на их энергетическую безопасность.

По состоянию на 2010 год, в с. Токма проживало около 75 человек. У данного децентрализованного потребителя есть некоторые препятствия для стабильного и надежного электроснабжения. Согласно программе развития коммунальных инфраструктурных систем муниципалитета Непа, с. Токма характеризуется показателями, приведенными в таблице 1 [3].

Таблица 1

Характеристика системы электроснабжения в с. Токма

ДЭС, кВт		Длина ЛЭП, м	
Неудовлетворительное состояние	Удовлетворительное состояние	Неудовлетворительное состояние	Удовлетворительное состояние
ДЭС–1 (30)	ДЭС–2 (60)	3000	1000

Климатические трудности, неудовлетворенное состояние генерирующего оборудования, сложные транспортные условия, необходимость поддержки малочисленной этнической группы жителей, план развития региона и т. д. – все эти обстоятельства вынуждают находить решение в надежной и экономически эффективной форме системы электроснабжения.

Методология исследования. В статье рассматривается компьютерная модель гибридной системы электроснабжения, состоящая из ДЭС, ФЭС, системы хранения электрической энергии, различных типов потребителей, линий электропередачи и блоков инсоляции, взаимосвязанных с температурой окружающей среды. Для моделирования использовалась библиотека SimPowerSystems приложения Simulink, блок-схема в среде MATLAB представлена на рис. 1. В автономных системах, напряжение и уровень электропотребления контролируются опорным источником – ДЭС, где, в зависимости от вида модели, выбирается необходимый управляемый блок по напряжению. В варианте переменного тока, совместно-параллельная работа источников ДЭС и ФЭС обеспечивается за счет блока фазовой автоподстройки частоты.

Как показывают последние исследования [4], современные инверторы с возможностями отслеживания максимальной точки по мощности, по своим выходным характеристикам, могут также замещаться источником тока.

ФЭС эквивалентуется управляемым источником постоянного тока, который может подключаться к различным точкам сети. Массив солнечных панелей, входя-

щих в состав подсистемы ФЭС, передаёт генерируемую мощность тока через сетевой инвертор, либо напрямую в сеть в варианте постоянного тока.

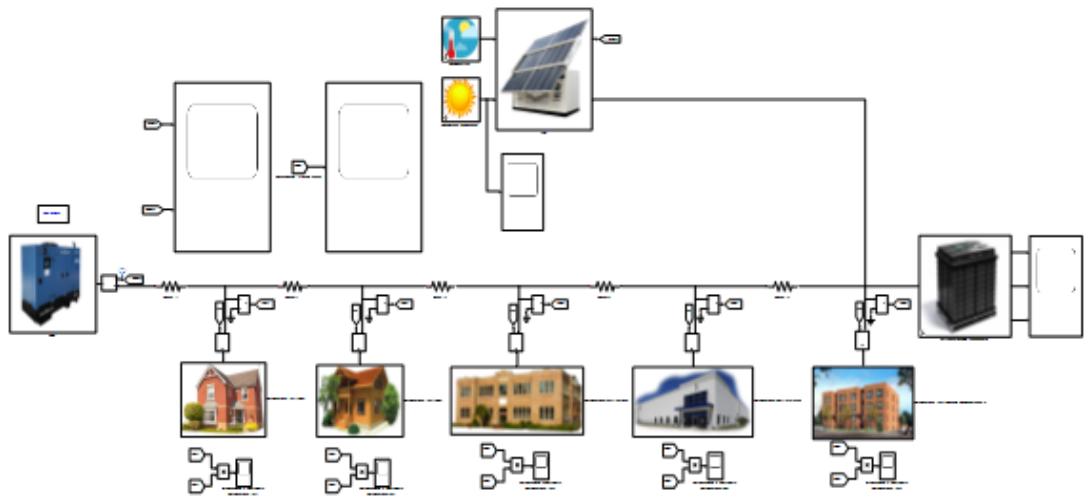


Рис. 1. Автономная фото-дизельная система постоянного тока в MATLAB/Simulink

Влияние солнечного контроллера учитывается, как пропорциональное изменение коэффициента полезного действия. Исходными данными для определения среднесуточных температур являются статистические данные метеорологических наблюдений, которые можно получить из архивов метеорологических порталов и климатических справочников. Сигнал функции мощности работы подсистемы ФЭС описан следующим уравнением:

$$P_{\text{ФЭС}} = \frac{C_F \cdot N \cdot G \cdot \ln(10^6 \cdot G)}{T_{\text{СП}}}, \quad (1)$$

где $N_{\text{СП}}$ – количество солнечных панелей;

C_F – постоянный коэффициент параметров в панели солнечных батарей;

G – текущий уровень инсоляции [Вт/м²];

$T_{\text{СП}}$ – текущая температура солнечной панели [К].

Величина инсоляции зависит от места расположения объекта, облачности, температуры окружающей среды. В основу расчета данной работы положена методика, позволяющая определить почасовое поступление солнечной радиации на наклонную плоскость предложенной Лю и Джорданом [5]. Модель потребителей выполнена на базе управляемых ключей в соответствии с разделением временных интервалов в течение дня: утро, день, вечер, ночь с коммутируемой величиной активно-индуктивных сопротивлений. Потребители подключаются через секции питающих линий с активно-индуктивными параметрами для варианта переменного тока. Для постоянного тока, индуктивная составляющая отсутствует.

Для моделирования системы хранения электрической энергии использован метод, основанный на обобщенном соотношении Шеферда, задающиеся уравнением [6]:

$$V_{\text{АКБ}} = E_0 - \frac{M \cdot Q}{(Q - \int idt)} - R \cdot i + A \cdot e^{(-B \cdot \int idt)}, \quad (2)$$

где $V_{\text{АКБ}}$ – напряжение массива [В];

E_0 – напряжение холостого хода не нагруженного массива [В];

M – поляризационное сопротивление [Ом];

Q – фактическая емкость массива [А·ч];

$\int idt$ – действительный уровень заряда аккумуляторного массива [А·ч];

i – ток батареи [А];

R – внутреннее сопротивление аккумулятора [Ом];

A – коэффициент, характеризующий величину падения напряжения во время экспоненциальной зоны разряда [В];

B – коэффициент, характеризующий обратную величину емкости массива в конце экспоненциальной зоны разряда $[A \cdot ч]^{-1}$.

Результаты. Показатели, которые оказывают влияние на принятие решения для разработки АСЭС с распределённой фотоэлектрической генерацией и перевода системы на постоянный ток, разделены на три группы: технические, экономические и экологические.

Технические выгоды: Отклонения напряжения не должны превышать 10% от номинального уровня в соответствии с Госстандартом [7]. Потери электроэнергии в распределительной сети представлены в таблице 2.

Таблица 2

Технические показатели интеграции распределенной ФЭС в АСЭС

Режим \ Параметр	Зима		Весна		Лето		Осень	
	δU_y	$\Delta P_{л}$	δU_y	$\Delta P_{л}$	δU_y	$\Delta P_{л}$	δU_y	$\Delta P_{л}$
Режим I	25%	22%	21%	17%	19%	15%	23%	19%
Режим II	24%	21%	17%	15%	15%	14%	20%	18%
Режим III	4%	15%	7%	12%	7%	11%	8%	13%

В таблице 2, представлены результаты интеллектуального управления режимами АСЭС, где Режим I – работает только ДЭС, Режим II – работает ДЭС и ФЭС, Режим III – работает ДЭС, ФЭС и система хранения электрической энергии. Когда ДЭС работает без ФЭС, мы наблюдаем, что уровень напряжения в конце линии электропередачи ниже установленного порога для всех сезонов года. Вспомогательные источники питания в виде ФЭС и системы хранения помогают перераспределить электроэнергию в энергетическом балансе.

В соответствии с интеллектуальным управлением, результатом является изменение текущего значения падения напряжения (δU_y) в конце магистральной линии электропередачи. Распределённая генерация снижает потери мощности в проводниках ($\Delta P_{л}$) и обеспечивает большую стабильность напряжения в точках подключения потребителей электроэнергии. Это достигается путем подключения вспомогательных энергоисточников на расстоянии от ДЭС, которое составляет не менее половины общей длины линии электропередачи.

Экономические выгоды: Проект микросети на постоянном токе будет экономически целесообразным только в том случае, если предполагаемые дополнительные затраты сопоставимы со стоимостью сэкономленного топлива и стоимостью потерь. Результаты расчетов, основанные на моделировании потребления дизельного топлива, показали, что ожидаемая доля экономии топлива составит 33%, что способствует укреплению энергетической безопасности удалённого посёлка.

Согласно этим данным, необходимо пересчитать цену поставки электроэнергии из ДЭС с Токма, где действующая цена за 1 кВт·ч – 44.87 руб./кВт·ч [3]. В предлагаемом варианте АСЭС цена снижается на 12%.

Экологические выгоды: Для определения количества уменьшенных парниковых выбросов, была использована стандартная российская методика удельного расхода дизеля [8]. Этот стандарт указывает удельные выбросы на одну тонну израсходованного дизельного топлива из ДЭС.

Как видно из таблицы 3, интеграция ФЭС с системой хранения электрической энергии и постороение АСЭС на постоянном токе приводит к ежегодному сокращению выбросов в атмосферу на 6%.

Экологические показатели снижения выбросов в атмосферу от АСЭС

Компонент	Уровень снижения, кг
Углекислый газ (CO ₂)	374
Оксид азота (NO _x)	425
Гидрокарбонаты (C _x H _y)	190
Диоксид серы (SO ₂)	47
Сажа (С)	39

Список литературы:

1. Лукутин Б.В. Интеллектуальные системы электроснабжения с ветровыми и солнечными электростанциями: учебное пособие / Б.В. Лукутин; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во ТПУ, 2017. – 114 с.
2. Кокорин А. Переменный или постоянный: «война токов» продолжается // Новости энергетики: информационный портал. – 2014. – Статья [Электронный ресурс]. – URL: <https://novostienergetiki.ru/> (дата обращения 23.04.2019).
3. СИНАПС. Поиск тендеров // Электронный аукцион. – 2016. [Электронный ресурс]. – URL: <https://synapsenet.ru/zakupki/fz44/0134300074816000002--irkutskayaobl-kapitalnij-remont-lep-s-toma> (дата обращения 23.04.2019)
4. Обухов С.Г., Плотников И.А. Имитационная модель режимов работы автономной фотоэлектрической станции с учетом реальных условий эксплуатации // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринггеоресурсов. – 2017. – Т. 328. – № 6. – С 38–51.
5. Liu, B.Y.H., Jordan, R.C. Daily insolation on surfaces tilted towards the equator // ASHRAE Journal. – 1961. – V. 3. – P. 53–59.
6. Shepherd C.M. Design of Primary and Secondary Cells. P. 2. An equation describing battery discharge // Journal of Electrochemical Society. – 1965. – V. 112. – P. 657–664.
7. ГОСТ Р 32144–2013. Электрическая Энергия. Электромагнитная совместимость технических средств. Нормы качества электрической энергии в системах общего назначения. – М.: Стандартинформ, 2017.
8. Фирма Интеграл. Методика расчета выбросов, загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных дизельных установок // НИИ: Санкт-Петербург. – 2001.

**APPLICATION OF DISTRIBUTED PHOTO-DIESEL DC POWER SUPPLY
SYSTEM IN ENERGY SAFETY ISSUES**

D.I. Muravyev¹, B.V. Lukutin²

*National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk city, 634034, Russia,
e-mail:¹ dim15@tpu.ru, ² lukutin48@mail.ru*

Abstract

The authors of the article identified and justified an alternative way to improve energy security, the technical and economic indicators of stand-alone power supply systems (SAPS): integration into their DC composition of distributed photovoltaic plants (PV).

The article presents a software model that simulates the daily modes of generation, consumption and insolation of a remote settlement in Russia - the Tokma village, Irkutsk region. A comparative analysis of the existing diesel power supply system with the DC proposed photo-diesel power plant with a system of energy storage is carried out. The analyze of the load coverage through the balanced participation of each source is done. The review of technical solutions of hybrid systems and mechanisms of state support is presented.

As a result of the research, the advantages of hybrid SAPS of DC were aggregated: the quality of the voltage at consumers of the decentralized facility was improved, the loss of electrical energy was reduced, optimized prices were obtained for 1 kWh.

ОСОБЕННОСТИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ СОПРЕДЕЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ХМАО – ЮГРЫ И ЯНАО ПО ДАННЫМ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗИМНИХ ОСАДКОВ

Ю.А. Мурашко¹; А.А. Ширыкова²

*БУ ВО Ханты-Мансийского автономного округа-Югры «Сургутский
государственный университет», г. Сургут, 628412, РФ,
e-mail:¹murashko_yua@surgu.ru, ²shaa.1987@mail.ru*

В настоящее время происходит все большее освоение Севера, увеличивается добыча полезных ископаемых, развиваются структура транспорта углеводородов и социальная инфраструктура северных территорий России. Эти процессы накладывают свой отпечаток на состояние окружающей среды, которая с каждым днем подвергается все более активному техногенному воздействию. В этой связи, на первый план выходит задача эффективного мониторинга территорий и своевременного выявления проблемных ситуаций, связанных с воздействием человека на хрупкую природу Севера. Основной проблемой северных территорий является отсутствие разветвленной сети постоянных постов наблюдения, установленных федеральными или региональными органами контроля за состоянием окружающей среды. Так, например, количество постов наблюдения, установленных системой Росгидромета на территории Ханты-Мансийского автономного округа – Югры насчитывает всего 23 площадки, которые чаще всего располагаются на крупных реках [1]. В сложившейся ситуации основной массив информации о состоянии природных объектов формируют лаборатории предприятий-недропользователей, с учетом своих интересов и специфических требований. Поэтому задача проведения независимых наблюдений за состоянием природной среды, которую решают исследовательские группы университетов Югры, особенно актуальна. Для обеспечения более полной экологической картины анализ воздействия на природу не должен ограничиваться наблюдением за состоянием только крупных рек и озер региона. Распространение загрязнителей техногенного происхождения активно осуществляется при перемещении воздушных масс. Наиболее информативным источником данных о состоянии атмосферы являются снежные осадки. Снег пассивен как в химическом, так и в биологическом отношении, следовательно, он является естественным аккумулятором и консервантом атмосферных загрязнителей, которые при таянии снега попадают в почву и поверхностные водоемы.

Цель работы – охарактеризовать физические показатели и особенности химического состава снежного покрова в окрестностях районных центров Сургутского и Нефтеюганского районов ХМАО-Югры, а также их изменение в направлении административной границы ХМАО– Югры и Ямало-Ненецкого автономного округа в районе г. Ноябрьска.

Объекты и методы исследования: в качестве объектов исследования служили снежный покров и талая вода, полученная из проб снега, которые были отобраны на пробных площадках (ПП) в окрестностях г. Сургута, г. Нефтеюганска и на отдаленных участках Сургутского и Нефтеюганского районов ХМАО – Югры. Места отбора проб снега представлены на рисунке 1.

Отбор снега и измерение толщины снежного покрова проводился в апреле 2019г. перед началом активного снеготаяния. Пробы снега отбирали в соответствии с ГОСТ 17.1.5.05-85 и доставляли в лаборатории Центра коллективного пользования учебным и научным оборудованием Сургутского государственного университета (ЦКП). Пробы снега растапливали, фильтровали и проводили физико-химический анализ талой воды. В число определяемых параметров входили: плотность, цветность, во-

дородный показатель (рН), электрическая проводимость, массовая концентрация нефтепродуктов, качественный и количественный ионный состав, массовая концентрация тяжелых металлов (Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Pb). Указанные тяжелые металлы являются наиболее значимыми в оценке загрязнения снежного покрова северных территорий. Повышенное содержание марганца, железа и цинка в осадках, поверхностных и грунтовых водах территорий ХМАО-Югры, отмечают многие авторы [2,3]. Для измерения количественных характеристик использовали методы: потенциометрии, кондуктометрии, фотоколориметрии, флуориметрии, атомно-абсорбционной спектрометрии (ААС) и высокоэффективной жидкостной ионной хроматографии (ВЭЖХ). Для измерений использовали приборную базу ЦКП СурГУ: анализатор жидкости «Анион-7000» с электрохимической ячейкой, составленной из стеклянного ионселективного и хлоридсеребряного электродов, кондуктометр «Эксперт-002», фотоэлектрический фотометр КФК-3, анализатор жидкости «Флюорат-02-5М», атомно-абсорбционный спектрометр МГА-915МД и жидкостной ионный хроматограф «Shimadzu LC-20». При определении ионного состава методом ВЭЖХ использовали разделительные ионнообменные хроматографические колонки: в ходе измерения концентрации анионов – Transgenomic IC Sep AN2, при определении катионов – Shodex ICYS-50.

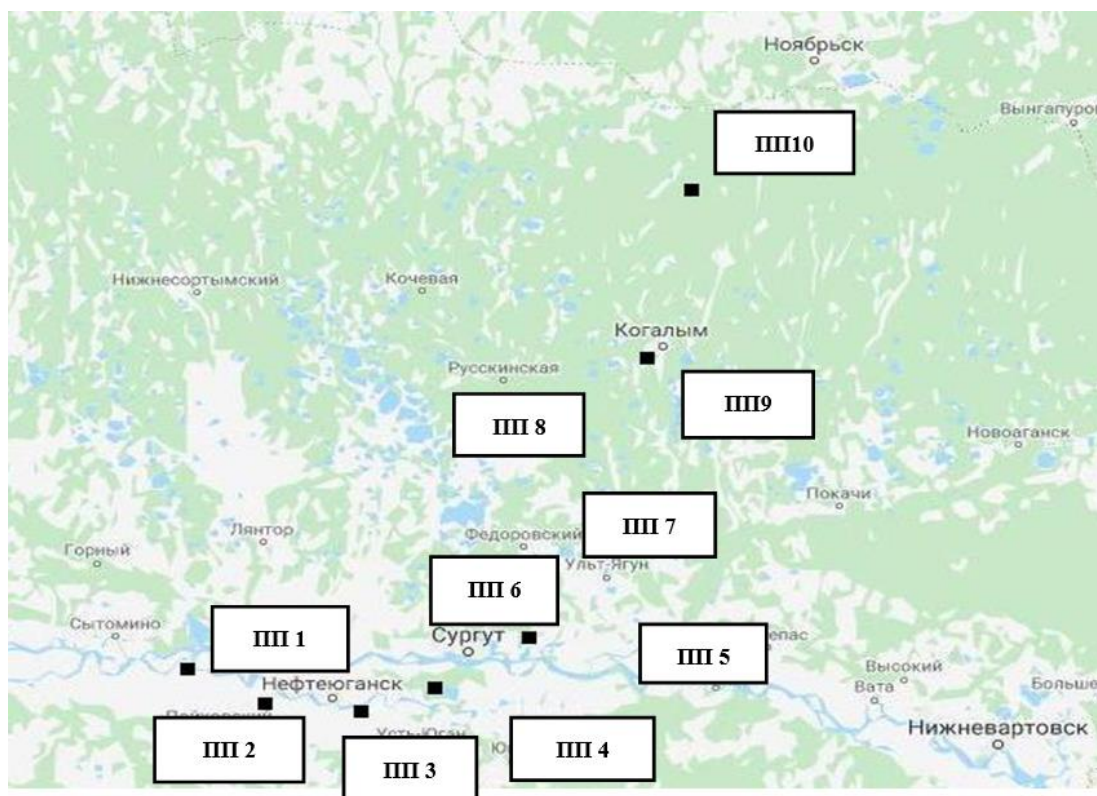


Рис. 1. Места расположения пробных площадок на территории ХМАО – Югры:

- ПП1-Урочище «Тундринский бор», п. Тундрино (Сургутский район);
- ПП2-Санаторий «Юган» (20 км севернее г. Нефтеюганска);
- ПП3- Южная окраина с.п. Сингапай (Нефтеюганский район);
- ПП4-Южная окраина г. Сургута (левобережье Оби, ГСК «Каменный Мыс»);
- ПП5-Восточная окраина г. Сургута (в направлении на г. Нижневартовск);
- ПП6- Северная окраина г. Сургута (в направлении на г. Лянтор);
- ПП7-Окрестности п. Федоровский (Сургутский район);
- ПП8-Окрестности д. Рускинская (Сургутский район);
- ПП9-Окрестности г. Когалым (Сургутский район);
- ПП10- Автомобильная дорога Когалым - Ноябрьск (100 км от г. Когалым)

Результаты и их обсуждение. Результаты измерений физико-химических показателей снежного покрова и талой воды из проб снега представлены в таблицах 1-3.

Среднее значение из наибольших декадных высот снежного покрова по данным многолетних наблюдений изменяется от 60-70 см на западе Югры и до 80 см на во-

стоке. Такое распределение высоты снежного покрова соответствует распределению зимних осадков и зависит от особенностей циркуляции и рельефа. В малоснежные зимы высота снежного покрова может быть ниже 20 см, в многоснежные до 100 см и выше. Зимний период 2018-2019 г.г. характеризуется уровнем количества осадков несколько выше среднего показателя. Толщина снежного покрова, сформировавшегося на исследованных территориях Нефтеюганского и Сургутского районов с ноября по апрель на пробных площадках достигает 85 см.

Толщина снежного покрова и плотность снега увеличиваются в направлении с юга на север. Плотность снега в Нефтеюганском районе колеблется от 0,23-0,26 кг/дм³. Среднее значение плотности снега в окрестностях г. Сургута и Сургутском районе колеблется в пределах 0,22-0,31 кг/дм³ (таблица 1). Этот факт объясняется погодными условиями и различием скорости таяния снега, которое имеет место в случае одновременного отбора проб на достаточно продолжительном расстоянии с юга на север.

Таблица 1

Характеристики снежного покрова на пробных площадках Сургутского и Нефтеюганского районов ХМАО-Югры (зима 2018-2019 гг.)

Характеристика	Шифр пробы									
	ПП1	ПП2	ПП3	ПП4	ПП5	ПП6	ПП7	ПП8	ПП9	ПП10
Толщина снега, см	70	50	70	75	75	65	70	65	85	70
Плотность снега, кг/дм ³	0,23	0,26	0,25	0,25	0,22	0,23	0,29	0,31	0,26	0,21
pH, отн. ед.	5,4	5,2	5,6	5,4	5,3	5,4	5,5	5,5	6,2	5,5
Эл. проводимость, мкСм/см	9,2	6,1	10,4	10,6	14	16	15,6	9,5	24,7	9,8
Цветность, по ХКШ	5	4	5	5	12	47	10	9	5	10
Содержание нефтепродуктов, мг/дм ³	0,04	0,02	0,01	0,01	0,07	0,03	0,04	0,07	0,06	0,03

Цветность фильтрата проб талой воды со всех пробных площадок измеряли относительно стандартной хром-кобальтовой шкалы цветности (ХКШ). В окрестностях г.Сургута цветность воды была несколько выше, чем в пробах Нефтеюганского района и на севере Сургутского района. Минимальные значения этого показателя наблюдали в Нефтеюганском районе и на границе ХМАО-Югры и ЯНАО. Максимальное значение цветности (47 градусов по ХКШ) установлен для пробы, взятой на северной окраине г.Сургута. В большинстве проб талой воды цветность не превышает 10 градусов по ХКШ. Этот факт свидетельствует о том, что в снежных пробах содержится минимальное количество веществ, растворимых в воде и способных ее окрашивать.

Важное значение для изменения качества и химического поведения поверхностных вод имеет кислотность снега. Кислые осадки, поступающие в почву и водоемы в результате таяния, усиливают миграцию и выщелачивание различных элементов из почвенных горизонтов [4]. Результаты измерений показали, что талая снежная вода исследованной территории характеризуется в большинстве случаев слабокислой реакцией. Среднее значение pH=5,5. Подкисление снежных осадков происходит вследствие выбросов в атмосферу продуктов сгорания от различных источников, в которых преобладают соединения углерода, азота и серы. Наиболее крупным энергетическим предприятием на территории Югры является Сургутская ГРЭС. Говорить о возможности подщелачивания среды за счет воздействия зимних осадков можно только для одной из пробных площадок (ПП 9) в окрестностях г. Когалыма. Для всех остальных площадок характерны значения pH, поддерживающих процессы закисления.

Электропроводность талой воды на всех мониторинговых площадках не превышает величину 25 мкСм/см. Относительное повышение электрической проводимо-

сти отмечено на пробных площадках, которые расположены недалеко от постоянно используемых автомобильных дорог и зимников. Местоположение этих пробных площадок предполагает возможность дополнительного загрязнения снега за счет локальной техногенной нагрузки. Основной вклад в анионную проводимость талых вод помимо гидрокарбонатов вносят: сульфат-, нитрат- и хлорид-ионы. Соли, содержащие эти ионы, накапливаются в снеге за счет осаждения аэрозолей соединений серы, азота и хлорсодержащих частиц из воздуха вместе с пылью. Концентрация хлорид-ионов колеблется в пределах от 0,32 мг/дм³ до 2,85 мг/дм³. Наиболее высокие значения наблюдаются на пробных площадках (ПП3, ПП5-10). На пробных площадках, расположенных севернее центральной части Сургутского района и ближе к административной границе ХМАО-Югры и ЯНАО, в ионном составе талой воды отмечено присутствие фторид-ионов. Катионный состав снега представлен ионами аммония и щелочных металлов: натрия, калия, магния и кальция.

По содержанию нефтяных углеводородов большинство проб снега можно охарактеризовать, как слабозагрязненные (ПП1–4, ПП7, ПП10). Высокая концентрация нефтепродуктов отмечена в снежных осадках только в окрестностях г. Сургута (ПП5) и центральной части Сургутского района (ПП8, ПП9), где их содержание превышает установленный норматив для водоёмов рыбохозяйственного назначения (ПДК) и достигает 0,06-0,07 мг/дм³. Исследования содержания тяжелых металлов показали, что в талой снеговой воде присутствуют в разных количествах все измеряемые элементы (Cu, Mn, Ni, Pb, Fe, Zn) (табл.2). При этом концентрации Mn, Ni, Pb во всех пробах талой воды значительно ниже ПДК.

Таблица 2

Ионный состав и концентрации ионов (мг/дм³) в талой воде на пробных площадках Сургутского и Нефтеюганского районов ХМАО-Югры (зима 2018-2019 гг.)

Шифр пробы	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	F ⁻	HCO ₃ ⁻	Na ⁺	K ⁺	Mg ⁺	Ca ²⁺	NH ₄ ⁺
ПП 1	0,60	1,71	0,45	-	1,10	0,27	0,18	0,12	0,62	0,13
ПП 2	0,43	1,13	0,32	-	1,10	0,39	-	0,16	0,35	0,11
ПП 3	0,75	1,67	1,20	-	2,20	0,61	0,32	0,20	0,98	0,27
ПП 4	1,23	2,28	0,64	-	1,10	0,36	0,41	0,20	1,01	0,31
ПП 5	1,32	1,71	1,39	0,09	2,20	0,71	0,51	0,29	1,91	0,45
ПП 6	1,38	1,58	1,71	0,14	2,20	0,78	0,56	0,40	2,11	-
ПП 7	1,44	1,68	2,15	0,18	1,10	0,96	0,53	0,23	1,42	1,22
ПП 8	0,49	1,15	1,38	0,10	1,10	0,74	0,45	0,16	0,91	0,48
ПП 9	1,03	2,97	2,85	0,17	5,49	1,64	0,51	0,33	2,87	0,35
ПП 10	0,84	1,65	1,06	-	1,10	0,76	0,56	0,27	1,26	0,76

Массовые концентрации тяжелых металлов в талой снежной воде приведены в таблице 3. Концентрация железа превышает установленный норматив только на одной пробной площадке (ПП6), где достигает 174 мкг/дм³. Количество меди и цинка в снежных осадках значительно выше. Наибольшие загрязнения снега цинком и медью приходятся на окрестности самого г. Сургута и наиболее крупных населенных пунктах северной части Сургутского района. Максимальные превышения по цинку составляют 4,9 ПДК, а по меди 6,6 ПДК. Установленный факт говорит о том, что повышенное содержание этих элементов в поверхностных водоемах может быть обусловлено загрязнением воды именно за счет атмосферных осадков.

Заключение. Обобщая полученные результаты, можно сделать вывод, что даже принимая во внимание нефтегазовую специализацию обследованной территории, основными загрязнителями атмосферного воздуха и снежных осадков являются не нефтяные углеводороды, а соединения тяжелых металлов. Наиболее опасными из них являются медь и цинк, высокое содержание которых можно считать характерной

особенностью химического состава атмосферных осадков не только г. Сургута и его окрестностей, но и отдаленных территорий ХМАО – Югры вплоть до административной границы с Ямало-Ненецким автономным округом.

Таблица 3

Массовая концентрация тяжелых металлов (мкг/дм³) в талой снежной воде пробных площадок Сургутского и Нефтеюганского районов ХМАО-Югры (зима 2018-2019 гг.)

Шифр пробы	Тяжелые металлы					
	Fe	Cu	Zn	Mn	Ni	Pb
ПП 1	22,9	0,4	3,9	1,1	0,2	0,2
ПП 2	40,1	0,3	2,3	1,5	0,2	0,1
ПП 3	38,2	0,7	3,1	3,4	0,2	0,6
ПП 4	44,4	0,5	4,5	3,3	0,2	0,2
ПП 5	15,1	1,1	3,3	3,9	0,7	0,1
ПП 6	173,9	6,6	19,2	1,1	0,6	2,9
ПП 7	12,2	1,6	12,5	0,2	0,3	0,5
ПП 8	14,6	0,4	22,4	0,2	0,2	0,1
ПП 9	16,6	1,8	40,9	0,1	0,4	0,4
ПП 10	13,3	0,3	4,2	0,1	0,2	0,3

Список литературы:

1. Действующие гидрологические посты сети росгидромета – URL: <http://esimo.ru>
2. Московченко Д.В. Особенности формирования химического состава снеговых вод на территории Ханты-Мансийского автономного округа / Бабушкин А.Г. // Криосфера Земли, 2012. – Том XVI, – № 1, –С. 71–81.
3. Ecology of northern territories. Proceedings of the international Congress. / Novosibirsk: «Offset», 2012. – 319 p.
4. Ветров В. А. Кислотность атмосферных осадков и атмосферные выпадения серы и азота в Арктической зоне Российской Федерации по данным мониторинга химического состава снежного покрова /В.В.Кузовкин, Д.А. Манзон// Научные исследования в Арктике, 2014. –№ 3. –С. 46– 51.

PRIORITY POLLUTION OF ATMOSPHERIC AIR IN SURGUT ON THE DATA OF THE INVESTIGATION OF WINTER SEDIMENTS

Yu.A. Murashko¹, A.A. Shirykova²

Surgut State University, Surgut, 628412, Russia,

e-mail: ¹murashko_yua@surgu.ru; ²shaa.1987@mail.ru

Abstract

The article presents the results of a physico-chemical study of melt water from snow collected at monitoring sites in Surgut and Nefteyugansk regions of Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug-Ugra. It analyzes the changes in the chemical composition of snow precipitation when moving from the southern territories of KhMAO-Ugra towards the border with Yamalo-Nenets Autonomous Okrug. Priority air pollutants have been identified: heavy metals and biogenic sulfur and nitrogen compounds. Among heavy metals, zinc and copper have the highest concentrations. It has been supposed that the possibility of pollution of the surface water bodies of the region is caused by precipitation.

ПОЧВЫ ЧЕГЕМСКОГО УЩЕЛЬЯ КАБАРДИНО-БАЛКАРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ЗАПОВЕДНИКА

Л.С. Мурзамуратова¹, Х-М.М. Газаев²

ФГБУ «Кабардино-Балкарский государственный заповедник»,

КБР, п. Капхатау, 360000, Россия,

e-mail: ¹Luki-786.90@mail.ru, ²kb_zapovednik@rambler.ru

Почвы – один из основных компонентов природной среды, в их свойствах отражаются сложные взаимодействия литосферы с биосферой. Они являются убежищем живого вещества, его местообитанием и продуктом [1]. Почвенные процессы влияют на растительные ассоциации, образуют верхнюю активную оболочку земного шара.

Почвенный покров Чегемского ущелья Кабардино-Балкарского государственного заповедника представляет собой систему редких и эталонных почв.

Целью деятельности заповедника является сохранение и изучение естественного хода природных процессов и явлений, генетического фонда растительного и животного мира, отдельных видов и сообществ растений и животных, экологических систем. Несмотря на то, что почвенный покров заповедника является одним из компонентов охраняемого ландшафта, почвы в отличие от растительного и животного мира, изучены слабо. Эталонные территории необходимы в качестве тестовых участков фонового и почвенного мониторинга.

Чегемский участок заповедника расположен на северном склоне Большого Кавказа в его центральной части Главного хребта. Главный хребет несет черты типичного альпийского рельефа, представленного острыми зазубренными гребнями, большим количеством пиков, карлингов, каров. Из-за большой крутизны склонов снег не задерживается на них, а аккумулируется в глубине каров и цирков, которые и заняты ледниками [2].

К северу от отрогов Бокового хребта находятся Северная депрессия и Скалистый хребет. Северная депрессия имеет ширину 5-10 км. Сложена она в основном глинистыми, местами метаморфизованными нижнеюрскими сланцами, и лишь у подошвы южного склона Скалистого хребта обнажаются среднеюрские сланцы.

Почвенное районирование Кавказа относит территорию Чегемского ущелья заповедника к Главнокавказскому западному округу. Эта территория заповедника характеризуется высокой неоднородностью почвенного покрова, обусловленной сложностью и расчлененностью рельефа, геологического строения, широким распространением выходов коренных пород, осыпей, ледников, высотно-экспозиционной дифференциацией биоклиматических условий.

Таблица 1

Классификация почв Чегемского ущелья Кабардино-Балкарского государственного заповедника

Тип	Подтип	Род	Вид	Разновидность
Горные лугово-степные	Субальпийские	Обычные; Темноцветные	Маломощные; Очень маломощные	Легкосуглинистые; Ср.суглинистые
Горные лесолуговые	Типичные; Остаточно-оподзоленные	Темноцветные; Обычные	Маломощные; Очень маломощные	Легкосуглинистые; Ср.суглинистые

Горные лугово-степные почвы формируются под остепненными горными лугами с участием ковылей, шалфея войлочного, дубровки серой, кавказской степной астры, шлемника восточного и других растений, образующих дернину. Котловины и межгорные депрессии районов распространения горных лугово-степных почв характеризуются своеобразным местным засушливым климатом.

Важнейшими характерными морфологическими признаками рассматриваемых почв являются: темновато-коричневая или коричневая окраска поверхностного горизонта, наличие суховатой рыхлой дернины около 10 см; нередко горизонт В имеет слабое уплотнение; щебнистость профиля, увеличивающаяся книзу; отсутствие карбонатно-иллювиального горизонта и не обнаруживает вскипания по всему профилю; слабозернисто-крупитчатая структура дернового и поддернового горизонтов сравнительно постепенный переход одного горизонта в другой.

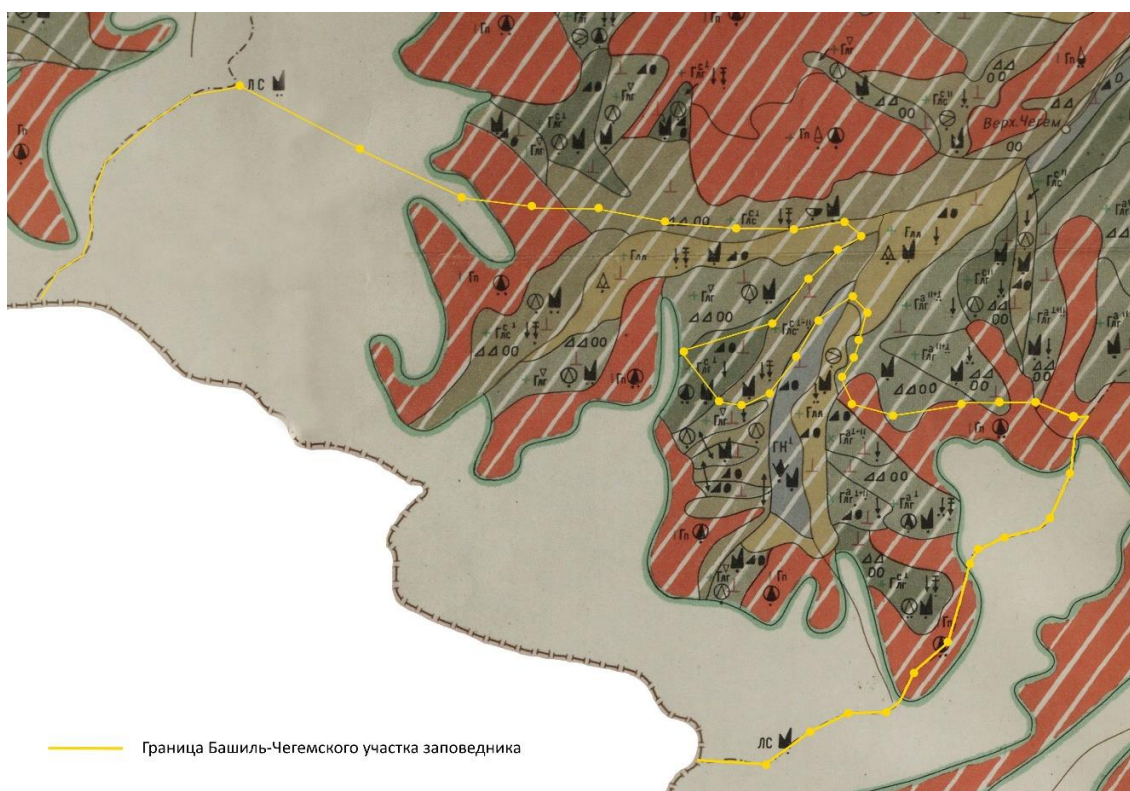


Рис. 1. Почвенная карта Чегемского ущелья Кабардино-Балкарского государственного заповедника

Горные лесолуговые почвы представлены на стыке горно-лесного и субальпийского поясов, образующих на высоте 1300-1500 м вдоль Северного склона Скалистого хребта переходную лесолуговую прерывистую полосу. Последняя характеризуется лесами паркового типа и высокотравием.

Для горных лесолуговых почв, развитых в верхней части лесного пояса и нижней части субальпийских лугов, характерны темная окраска с коричневым или серовато-бурым оттенком; комковатая, иногда с небольшим количеством зернистых агрегатов структура, мягкая на ощупь и легко поддающаяся растиранию между пальцами; рыхлая, слабосвязанная дернина; уплотненность, крупнокомковатая или комково-призматическая структура горизонта В и наличие гумусовых потеков на их поверхности [3].

Список литературы:

1. Ковда В.А., Розанов Б.Г. (ред.) Почвоведение. Часть 1 Почва и почвообразование. М.: Высш. школа, 1988. - 400 с.;

2. Захаров С.А. опыт классификации почв Кавказа на историко-географо-генетическом принципе // Юбилейный сбор., посвященный 70-летию проф. С.А. Захарова – Харьков, 1954. – С. 3-29;
3. Алиев Г.А. Горно-луговые почвы Большого Кавказа и их систематика // Тр. Совещ. По вопросам генезиса, классификация, география и мелиорация почв Закавказья. Изд. АН АЗ ССР, 1955-С. 270.

SOIL CHEGEMSKY GORGE KABARDINO-BALKARIAN STATE RESERVE

L.S. Murzamuratova¹, H-M.M. Gzaev²,

FSBI "Kabardino-Balkarian state reserve",

KBR, village Kashkhatau, 360000, Russia

e-mail: ¹Luki-786.90@mail.ru, ²kb_zapovednik@rambler.ru

Abstract

This article is devoted to the description of soils of Chegem gorge of Kabardino-Balkar state reserve.

ЗАДАЧИ МОДЕРНИЗАЦИИ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

С.П. Муровский; Д.М. Гирич

*Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского,
г. Симферополь, Российская Федерация, e-mail: murovski@inbox.ru*

Промышленное развитие в мире определяется развитием производства электроэнергии. Согласно анализу и прогнозу в период с 2007 по 2035 год объем производства электроэнергии в мире будет расти в среднем на 2,3% в год. Причем производство электроэнергии растет быстрее, чем других видов энергоносителей — жидкого топлива, природного газа и угля [1].

Общемировой спрос на энергию, согласно оценкам Международного Энергетического Агентства (МЭА), вырастет к 2040 г на 37%. Доля возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в производстве электроэнергии за приведенный период больше всего вырастет в развитых странах мира, достигнув 37%. Неуклонный рост использования ВИЭ во многих странах к 2040 г повысит их долю в мировом производстве электроэнергии до 30 – 33 % от всей генерации [1].

Согласно прогнозам, солнечная фотоэлектрическая энергетика (включая затраты на соответствующие накопители энергии (НЭ) может производить 23% мировой электроэнергии к 2040 г и 29% к 2050 г, полностью заменив угольную генерацию и оставив природный газ всего лишь с однопроцентной долей в мировой энергетике [1].

Рост использования ВИЭ частично вызван значительным падением цен на оборудование для солнечных электростанций (СЭС). Стоимость установки мощных СЭС с 2010 по 2015 годы упала в три раза. В результате СЭС составляют основную часть генерирующих источников в электроэнергетике ВИЭ.

Можно выделить четыре стадии распространения электростанций с ВИЭ в зависимости от соотношения мощности электростанций с ВИЭ и невозобновляемых источников (НИЭ), каждая из которых имеет свои специфические характеристики.

Для каждой стадии интеграции даются соответствующие рекомендации при проектировании, модернизации и эксплуатации СЭС.

На первом этапе интеграции генерация источников энергии с ВИЭ не оказывает заметного влияния на сеть, примерно 3% в годовом производстве электроэнергии, а основную часть составляют электростанции с НИЭ, такие как ТЭС, АЭС, мощные ГЭС. Нестабильная генерация СЭС «классифицируется» здесь просто как ежедневные и «естественные» изменения спроса на электроэнергию. К странам, которые в настоящее время находятся на этом этапе, относятся Индонезия, Южная Африка, Мексика.

На второй стадии интеграции генерация источников энергии с ВИЭ уже начинают серьезно влиять на систему, их доля в годовой генерации составляет от 3% до 15%, но такое влияние регулируется относительно просто путем усовершенствования некоторых практических методов управления электроэнергетическим сетевым хозяйством, например, с помощью умного прогнозирования выработки СЭС. На данной стадии находятся Чили, Китай, Бразилия, Индия, Новая Зеландия, Австралия, Нидерланды, Швеция, Австрия, Бельгию.

На третьем этапе доля электростанций с ВИЭ составляет от 15% до 25%, при этом возникают существенные вызовы для энергосистемы в плане интеграции нестабильных ВИЭ. Их влияние ощущается как на уровне системы в целом, так и на практике работы электростанций с НИЭ, в первую очередь ТЭС. Здесь на первое место выходит гибкость энергосистемы – её способность реагировать на неопределен-

ность и изменчивость баланса спроса и предложения. Два главных гибких ресурса этой стадии: управляемые (маневренные) электростанции и сеть, но уже начинает повышаться значение управления спросом и новых технологий накопления энергии. На нынешний день на данном этапе находятся Италия, Великобритания, Греция, Испания, Португалия и Германия.

На четвертой стадии с долей нестабильной генерации ВИЭ в 25% - 50% годовой выработки и с её кратковременными повышениями до 100% суточного потребления вызовы носят высокотехнологический характер. На четвертой стадии требуется еще большая гибкость системы, её способность к самовосстановлению после резких и объемных колебаний выработки энергии. На этой стадии развития ЭС находятся Ирландия и Дания. На этой стадии требуется применение НЭ, в частности, химических аккумуляторов.

Случайный характер СИ и трудность устойчивого прогнозирования и устойчивого обеспечения производства электроэнергии СЭС, значительные суточные, квартальные и годовые колебания интенсивности СИ, зависимость выработки электроэнергии от метеоусловий на площадке СЭС, непредсказуемость текущей выработки электроэнергии и невозможность ее точного планирования на требуемый срок по условиям выполнения суточного графика нагрузок потребителей приводят к реально невозможной эксплуатации СЭС без НЭ, обеспечивающих выработку электроэнергии хотя бы на период от 2 до 6 часов [3].

НЭ выполняют ряд важных функций:

- выравнивание графиков нагрузки в ЭС (накопление электрической энергии в периоды наличия избыточной энергии и выдачу в сеть в периоды дефицита);
- обеспечение бесперебойного питания особо важных объектов, собственных нужд электростанций и подстанций;
- демпфирование колебаний мощности, стабилизация работы малоинерционных децентрализованных источников электрической энергии;
- обеспечение бесперебойной выработки электроэнергии СЭС.

В связи с развитием СЭС в Республике Крым (РК), ЭС в РК можно отнести к третьей стадии интеграции источников энергии с ВИЭ по следующим значениям: мощность традиционных электростанций составляет 1443 МВт, ветровых электростанций 85,9 МВт, солнечных электростанций 296,96 МВт, таким образом, доля электростанций с ВИЭ составляет 21%.

СЭС в РК проектировались и сооружались в начале 2001-2005 годов и эксплуатируются уже свыше 10 лет. В настоящее время актуальными задачами являются как проектирование и сооружение новых СЭС, так и модернизация существующих.

Чтобы представить возможности модернизации СЭС с точки зрения увеличения их установленной мощности, выработки общего объема электроэнергии, повышения стабильности выработки, повышения удельных показателей (кВт/км²) при размещении оборудования на площадке СЭС и т.п., необходимо рассмотреть расчетные соотношения параметров СЭС. Мощность СЭС определяется вероятностными характеристиками первичного энергоносителя –солнечного излучения (СИ) и имеет ряд особенностей. Установленная электрическая мощность, как СЭС, так и отдельных энергоблоков (БЛ) с фотопанелями (ФП), меньше в десятки раз по сравнению с БЛ традиционных тепловых электростанций с гарантированной мощностью. БЛ занимают обширные территории под открытым небом, не имеют ограждения. Значительные отличия от традиционных электростанций имеет внутренняя электрическая схема трехфазных сетей СЭС. В составе СЭС имеются силовые электрические сети постоянного тока ФП и трехфазные сети переменного тока для передачи в энергосистему мощности отдельных БЛ. Номинальное линейное напряжение БЛ имеет относительно низкую величину – 1,0 кВ. Потому схема объединения мощности СЭС для выдачи в существующую традиционную высоковольтную сеть выполняется двух-

уровневой или трехуровневой, с несколькими ступенями трансформации. На территории СЭС не используются воздушные линии электропередачи. Все внутренние сети СЭС выполняются кабельными линиями.

Целью анализа направлений модернизации СЭС является оценка:

- влияния на фактическую мощность $P_{\text{ФАК.СЭС}}$ и реальную выработку электроэнергии $W_{\text{РЕАЛ}}$;

- влияния на удельный показатель кВт/км² при размещении площадки СЭС;

- влияния на стоимость и окупаемость СЭС.

При расчете рассмотрены несколько вариантов угла наклона ψ установки ФП по отношению к широте местности φ , где размещена площадка СЭС, а также рассчитаны расстояния между панелями ФП на площадке СЭС и степени их взаимного затенения σ , рассмотрена модернизация СЭС путем включения НЭ в составе БЛ.

Для модернизации оборудования СЭС изменение углов наклона ФП ψ при размещении на площадке СЭС представляет наиболее простую и при этом весьма эффективную задачу увеличения фактической мощности $P_{\text{ФАК.СЭС}}$ и реальной выработки электроэнергии $W_{\text{РЕАЛ. СЭС}}$. Увеличение значений среднесуточной мощности результирующего СИ $\bar{E}_{H_{ji}}$ на наклонной поверхности при изменении угла наклона ψ столь значительно, что в конструкции ФП некоторых СЭС предусматриваются устройства регулирования угла поворота ФП с целью слежения за солнцем. Значения $\bar{E}_{H_{ji}}$ определяют в дальнейшем при проектировании СЭС мощностную характеристику ФБ $P_{j\text{ФБ}} = f(\bar{E}_{H_{ji}})$, фактическую мощность $P_{\text{ФАК. СЭС}}$ и реальную выработку электроэнергии $W_{\text{РЕАЛ. СЭС}}$. Если принять значение \bar{E}_{ji} для горизонтальной поверхности ($\psi = 0$) за единицу, то при $\psi = \varphi$ значения $\bar{E}_{H_{ji}}$ составят 1,21; при $\psi = (\varphi - \delta)$, где δ - средний угол склонения, значения $\bar{E}_{H_{ji}}$ составят 1,27; при точной ориентации поверхности ФП перпендикулярно потоку СИ значения $\bar{E}_{H_{ji}}$ составят 1,56.

Модернизация СЭС может выполняться путем замены фотобатарей (ФБ) в составе ФП в связи улучшением их характеристик (мощности, КПД, массогабаритных параметров) по сравнению с исходными, принятыми ранее. Для определения характеристик ФБ на площадке части СЭС необходимы паспортные данные ФБ и значения среднесуточной мощности результирующего СИ $\bar{E}_{H_{ji}}$ на наклонной поверхности.

Рассмотрено три варианта мощности ФБ - 150, 200 и 250 Вт с разными значениями параметров и выявлено влияние параметров ФБ на фактическую мощность $P_{\text{ФАК.СЭС}}$ и реальную выработку электроэнергии $W_{\text{РЕАЛ. СЭС}}$ для оценки возможности модернизации СЭС. Очевидно, что увеличение выработки электроэнергии СЭС почти в 1,7 раза при замене ФБ может быть эффективно, но для оценки модернизации ФБ на существующей СЭС требуется технико-экономический анализ. При проектировании новых СЭС применению более мощных ФБ следует отдавать предпочтение. Как следует из результатов проведенного расчета, при увеличении нормируемой мощности ФБ в 1,33 раза, реализуемая мощность ФБ в рассматриваемых условиях размещения СЭС ($\varphi = 45^{\circ}$ с.ш., при $\psi = \varphi$) и выработка энергии ФП за год возрастают в таком же соотношении, а КИУМ увеличивается 1,2раза. Аналогично, при увеличении нормируемой мощности ФБ в 1,67 раза, реализуемая мощность ФБ и выработка энергии ФП за год возрастают в таком же соотношении, а КИУМ практически не меняется. Увеличение площади панели ФП составляет, при замене тех же ФБ, соответственно - 1,24 и 1,64. Увеличение площади СЭС составляет 1,06 и 1,11. Преимущество получается по удельному показателю [кВт/км²] – соответственно - 1,17 и 1,48.

Модернизация СЭС может выполняться и путем изменения расстояний между панелями ФП на площадке СЭС и соответственно, степени их взаимного затенения σ . Обычно в составе ФП объединяется 16 - 20 ФБ для удобства монтажа и установки платформ ФП на площадке части СЭС, а также для получения необходимых выходов

ных параметров: тока и напряжения ФП.

Порядок и схема расчета степени затенения σ поясняются на рис.1. Штриховой линией на рисунке показано размещение ФП с затенением, на расстоянии L_2 меньше L_1 (где L_1 – размещение ФП без затенения).

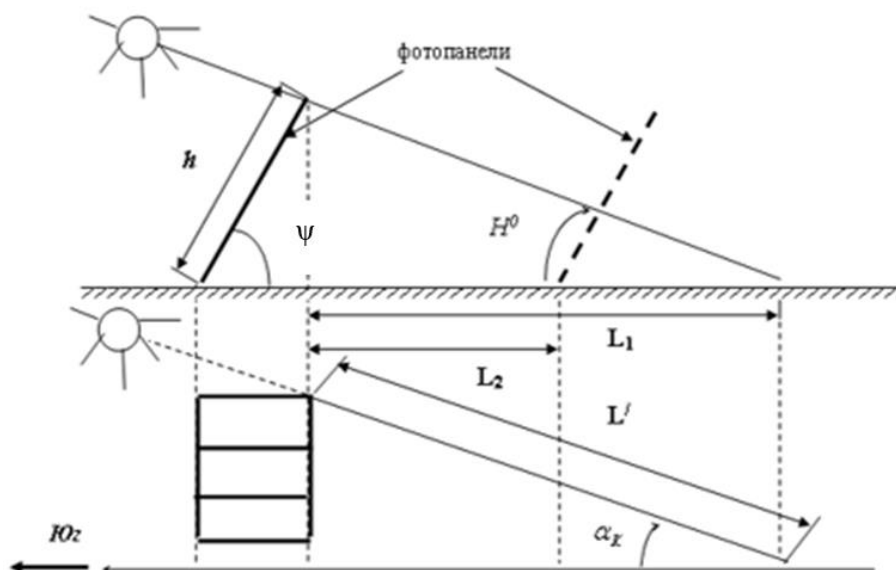


Рис. 1. Схема расположения ФП для расчета степени затенения σ :
вверху – вид сбоку; внизу – вид сверху

Анализируя мощность СИ, можно оценить длину тени L (рис.1) для четырех характерных точек – летнего (зимнего) солнцестояния и весеннего (осеннего) равноденствия. Максимальная величина затенения соответствует утренним часам в день зимнего солнцестояния, минимальное затенение – полдню в день летнего солнцестояния.

Модернизация СЭС может выполняться путем включения накопителей энергии (НЭ) в составе БЛ [3]. Схема БЛ СЭС содержит цепь преобразования напряжения постоянного тока ФБ в стандартный вид для ЭС по числу фаз, частоте тока и величине напряжения. Для этой цели в БЛ применяется трехфазный мостовой инвертор с выходным разделительным ТР, вторичное (выходное для сети) напряжение которого $U_{л2}$ должно соответствовать стандартной величине линейного напряжения внутренней сети СЭС.

Главным элементом цепи преобразования является трехфазный мостовой полупроводниковый преобразователь (ПП), который, в зависимости от угла управляющего сигнала, может работать как в режиме управляемого выпрямителя (УВ), так и в режиме трехфазного инвертора (И). Параметры УВиИ можно регулировать в широком диапазоне при изменении угла управления α для УВ и угла управления β для И.

Расчет параметров НЭ в составе внутренней цепи БЛ СЭС по предложенным далее схемам включения АК на заряд и разряд (рис.2, 3) выполнен для мощности БЛ $P = 2,0$ МВт. Рассматриваются варианты включения АК и режимы заряда – разряда АК применительно к электрической цепи одного БЛ, так как вся внутренняя схема СЭС состоит из однотипных БЛ.

Электрическая схема БЛ с АК в режиме зарядки АК в ночное время при избытке энергии в сети приведена на рис.2. При разряде АК параллельно с ФП (рис. 3) поддерживается надежная работа СЭС в дневное время при колебаниях СИ. В часы вечернего максимума нагрузки запасенная в АК энергия обеспечивает работу СЭС при отсутствии СИ [3].

Для расчета накопителей выбираем литий-ионных АК как наиболее эффективные аккумуляторы на сегодняшний день. По результатам расчета получаем 4 АК емкостью по $6660 \text{ А} \cdot \text{ч}$ каждый и номинальным напряжением 620 В .

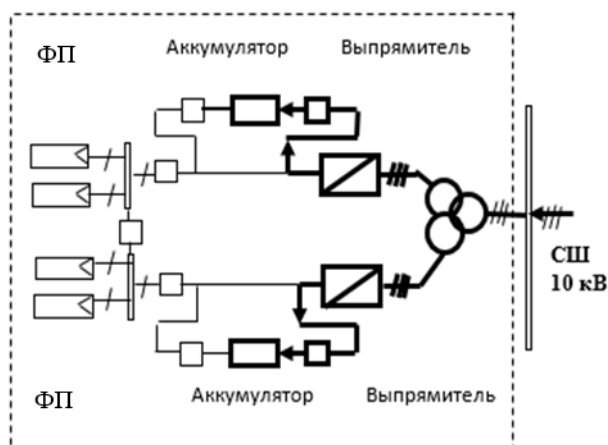


Рис. 2. Схема блока БЛ с подключением АК. Жирным контуром обозначены цепи в режиме заряда АК от сети 10 кВ в ночное время

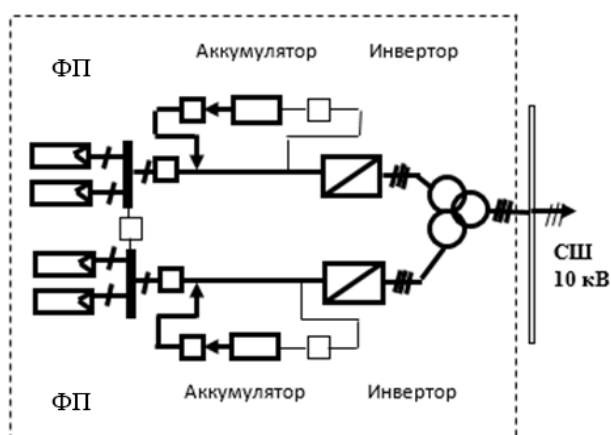


Рис. 3. Схема блока БЛ с подключением АК. Жирным контуром обозначены цепи в стандартном режиме работы инверторов от ФП при наличии СИ и подключении АК на разряд

Список литературы:

1. Электронный ресурс. //http://www.ruscable.ru/article/Perspektivy_razvitiya_mirovoj_elektroenergetiki_1/ Перспективы развития мировой электроэнергетики до 2035 года.
2. Муровский С.П., Сокут Л.Д., Лесик В.П. Расчет параметров накопителей энергии для солнечных электростанций при включении их в объединенную энергосеть. Журнал «Электрооборудование: эксплуатация и ремонт». - М.: Панорама. - 2017. - №12. - С.46-49.

THE MODERNISATION OF SOLAR POWER PLANTS

S.P. Murovskiy, D.M. Girich

V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, 295007, Russia,

e-mail: murovski@inbox.ru

Abstract

The paper analyzes the ways of modernization of solar power plants of the Republic of Crimea. The perspective of development of alternative energy on the peninsula is considered taking into account the growth of electricity consumption and the possibility of improving the quality of energy produced using energy storage devices included in the internal circuits of power plants based on non-traditional energy.

ИССЛЕДОВАНИЯ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ РЕКИ ДОН

И.Д. Мхитарьян

Азово-Черноморский филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии», Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»), г. Ростов-на-Дону, 344002, Россия, e-mail: Mhitarian_i_d@azniirkh.ru

Введение. Авария на Чернобыльской АЭС существенно повлияла на радиационную обстановку экосистем не только непосредственно связанных с районом аварии, но и находящихся на значительном удалении от Чернобыльской атомной электростанции.

В Азово-Донском бассейне с 2001 года начала функционировать Ростовская АЭС. В этой связи на первый план выходит проблема исследования воздействия АЭС на экосистемы водоемов.

В настоящее время имеется крайне ограниченная и разрозненная информация по содержанию радионуклидов в компонентах водных экосистем Азово-Донского бассейна в допусковой период. По литературным данным в среднем содержание цезия-137 (^{137}Cs) в донных отложениях рек Ростовской области в 1999 году около 22,5 Бк/кг. Фоновое содержание ^{137}Cs глобального происхождения в донных отложениях малых рек около 7 Бк/кг [1]. Санкционированное захоронение радиоактивных отходов или аварийные выбросы атомных электростанций с неизбежностью увеличивают вероятность воздействия радиации не только на человека, но и на популяции животных, в том числе гидробионтов.

Река Дон – это крупнейшая река Восточно-Европейской равнины с многочисленными притоками, берущая свое начало в Тульской области и впадающая в Азовское море.

В бассейне Дона располагаются три крупные атомные станции: Курская, Воронежская и Ростовская.

^{137}Cs уделяется особое внимание, так как он проникает в природную среду в результате ядерных взрывов в атмосфере или при авариях ядерных реакторов.

Целью исследования явилось проведение мониторинга содержания ^{137}Cs в донных отложениях нижнего течения реки Дон и анализ результатов многолетних наблюдений.

Материалы и методика. Для проведения исследований использовались пробы донных отложений, отобранные в следующих районах нижнего течения реки Дон: река Сал, река Маныч, река Аксай, река Темерник, рукав Мокрая Каланча, рукав Большая Кутерьма, ниже сброса ГК г. Ростова-на-Дону.

Работа основана на обобщении материалов, собранных в ходе экспедиций в Нижнем Дону с 2014-2018 гг.

В донных отложениях избавлялись от посторонних включений: корневища, растительности и т.д. Затем высушивали до постоянного веса. Удельную активность ^{137}Cs определяли на спектрометрической установке МКС-01А «МУЛЬТИРАД-гамма» с программным обеспечением «Прогресс». Удельную активность ^{137}Cs в донных отложениях пересчитывали на Бк/кг сухого веса.

Результаты и их обсуждение. Река Дон в Ростовской области представлена нижним течением от границы с Волгоградской области до устья и участком среднего течения в Верхнедонском и Шолоховском районах.

На рис.1 показана общая картина распределения ^{137}Cs в донных отложениях Нижнего Дона за 2014-2018 гг.

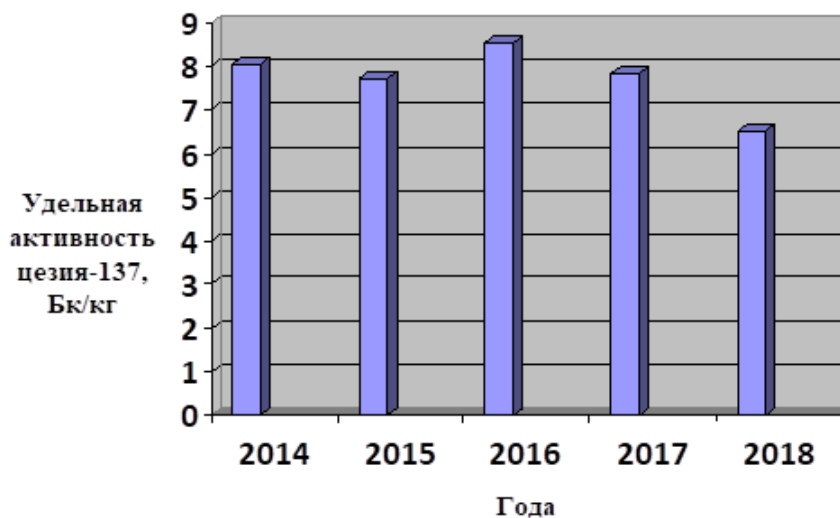


Рис. 1. Содержание ^{137}Cs в донных отложениях Нижнего Дона за 2014-2018 гг.

Как видно из рисунка, содержание радиоцезия в донных отложениях Нижнего Дона за исследуемые периоды в среднем находится на приблизительно одинаковом уровне. За 2014-2018 гг. наблюдается тенденция к снижению накопления уровня радиоцезия.

Результаты мониторинга загрязнения донных отложений ^{137}Cs в 2014-2018 гг. говорят о «пятнистом» характере распределения радиоцезия по акватории Нижнего Дона.

На протяжении всего исследуемого периода радиоцезий регистрировался во всех крупных и средних реках бассейна. Максимальные значения активности ^{137}Cs находили в 2014 году в донных отложениях р. Сал (устья реки и 500 м выше устья), р. Маныч (устье реки). В 2015 году самые высокие значения радиоцезия зафиксированы в донных отложениях р. Большая Кутерьма и р. Мокрая Каланча. Высокие значения ^{137}Cs зафиксированы в донных отложениях устья р. Маныч и р. Аксай (устье и выше протоки). В 2016-2017 гг. активность радиоцезия была замечена в донных отложениях р. Сал (устье) и р. Аксай, а также в р. Мокрая Каланча. В 2018 году наиболее загрязненными явились донные отложения р. Аксай.

Следует отметить, что в р. Маныч (устье) и в р. Аксай (устье и выше протоки) отмечаются более высокие уровни содержания цезия-137 на протяжении всего времени исследования, по сравнению с другими точками.

Пятна загрязнения ^{137}Cs приурочены к зонам с высоким содержанием органического вещества [2].

Выводы

1. Сопоставляя полученные данные и принимая во внимание то, что до настоящего времени в Азово-Донском бассейне не было значимых ядерных объектов, а с 2001 года начала функционировать Ростовская АЭС, следует отметить, что активность ^{137}Cs находилась на уровне многолетних наблюдений.

2. Полученные данные позволяют говорить об отсутствии техногенного груза радионуклидов, а проводимый мониторинг позволяет вести постоянное наблюдение за распространением и перемещением радионуклидов по акватории Донского бассейна.

3. Радиоэкологический мониторинг акватории Азово-Донского бассейна в 2014-2018 гг. показал, что главным источником радиационного загрязнения нижнего течения реки Дон остается Чернобыльский след.

Список литературы:

1. Давыдов М.Г., Шутов Ю.А. Радионуклидный состав природных вод (обзор) // Проблемы развития атомной энергетики на Дону. Материалы научно-практической конференции. – 2000.- Т.2.С.20-45.
2. Бессонов О.А., Давыдов М.Г. Содержание радионуклидов в донных отложениях Цимлянского водохранилища // Атомная энергия. – 1985. –Т.79. В.3.- 211 с.

**STUDIES OF RADIOACTIVE CONTAMINATION OF BOTTOM
SEDIMENTS OF THE DON RIVER**

I.D. Mkhitarian

Azov-black sea branch of the Federal state budgetary scientific institution "All-Russian research institute of fisheries and oceanography", Azov-Black sea branch of "VNIRO" ("AZNIIRKH») Rostov-on-Don, 344002, Russia, e-mail: Mhitarian_i_d@azniirkh.ru

Abstract

The results of studies of bottom sediments of the Lower Don are given for the period from 2014 to 2018. The levels of activity of the ^{137}Cs radionuclide have been assessed in bottom sediments of the lower reaches of the river Don.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКАХ В РАЙОНАХ Г. СЕВАСТОПОЛЯ И ПГТ. КАЦИВЕЛИ (ЮЖНЫЙ БЕРЕГ КРЫМА) В 2017 – 2018 ГГ.

М.А. Мыслина¹, А.В. Вареник¹, С.А. Майборода²

¹ФГБУН ФИЦ Морской гидрофизический институт РАН,
г. Севастополь, 299011, Россия, e-mail: 569455@mail.ru

²Черноморский гидрофизический полигон РАН,
пгт. Кацивели, г. Ялта, 298688, Россия

Атмосферный воздух является самой важной жизнеобеспечивающей природной средой, которая представляет собой смесь газов и аэрозолей приземного слоя атмосферы. Результаты исследований [1] однозначно свидетельствуют о том, что загрязнение приземной атмосферы – самый мощный постоянно действующий фактор воздействия на человека и окружающую среду.

Нитратный, нитритный и аммонийный азот, соединения фосфора и кремния являются главными элементами биогенного цикла. Атмосфера является значительным источником поступления биогенных элементов на подстилающую поверхность [2], что может приводить к увеличению их содержания в морских экосистемах, в следствие чего будет происходить интенсификация продуцирования нового органического вещества.

Цель данной работы – сравнительная оценка величин поступления неорганического азота, фосфора и кремния с атмосферными осадками на побережье Южного берега Крыма (пгт. Кацивели) и в г. Севастополе в 2017-2018 гг.

Методы и материалы. Для определения величин поступления биогенных элементов с атмосферными осадками в 2017 – 2018 гг. проводился отбор проб атмосферных осадков на метеостанциях, расположенных на территории Черноморского гидрофизического полигона (ЧГП, пгт. Кацивели) (рис.1, а) и на Морской гидрометеорологической станции (МГС) «Севастополь» (рис.1, б). Отбор проб, а также регистрация метеоусловий, при которых выпадали осадки, осуществлялся сотрудниками МГС и ЧГП.

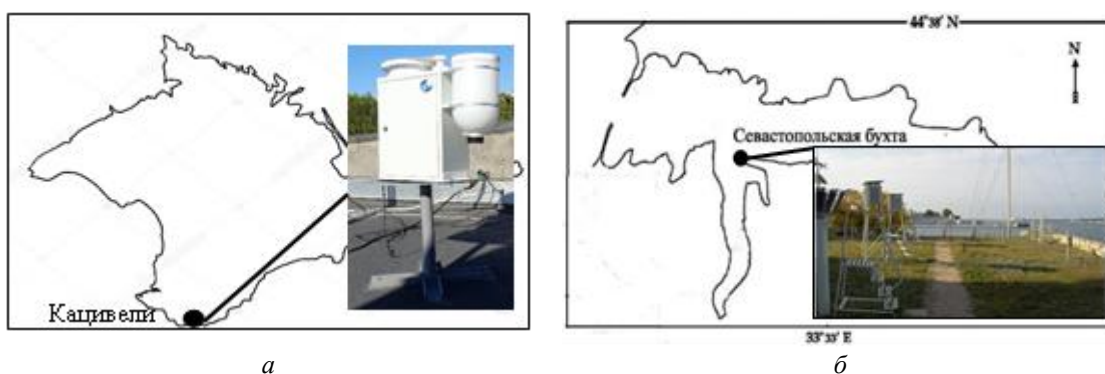


Рис.1. Станция отбора проб атмосферных осадков (а – пгт. Кацивели, б – г. Севастополь)

Во всех точках наблюдений пробы атмосферных осадков отбирались в закрытый осадкосборник, который открывался на период выпадения осадков. При отборе было исключено попадание в пробу посторонних веществ в перерывах между выпадением осадков. Химический анализ проб атмосферных осадков был осуществлен стандартными методами гидрохимического анализа [3]:

- аммонийный азот - метод, в основе которого лежит фенол-гипохлоритная реакция с образованием интенсивно окрашенного голубого соединения индофенола с последующим определением на фотоэлектрическом фотометре КФК-3-01;

- нитраты и нитриты - метод основан на восстановлении нитратов металлическим кадмием до NO₂ и последующем определении образующихся нитритов по цветной реакции с реактивом Грисса на двухканальном приборе АА II BRAN+LUEBBE;

- неорганический фосфор - в основе определения лежит окисление его соединений до ортофосфатов, которые затем определяются на фотоэлектрическом фотометре КФК-3-01 в форме фосфорномолибденового комплекса;

- кремний - метод основан на образовании голубого кремнемолибденового комплекса с последующим определением на фотоэлектрическом фотометре КФК-3-01.

Результаты и обсуждение. Неорганический азот. Общее количество проанализированных проб в г. Севастополе за исследуемый период составило 175, в пгт. Кацивели – 115. В результате было установлено, что основными формами неорганического азота, поступающими с атмосферными осадками, являлись аммонийный и нитратный азот. Вклад нитритов в общее содержание неорганического азота был наименьшим, так как они являются переходным элементом в процессах окисления аммония до нитратов.

Таблица 1

Концентрации неорганического азота в атмосферных осадках в г. Севастополе и пгт. Кацивели

Точка наблюдения	Максимальная, мкмоль/л		Минимальная, мкмоль/л		Средневзвешенная, мкмоль/дм ³	
	2017	2018	2017	2018	2017	2018
Севастополь	427,4	288,7	20,5	22,2	92,6	69,8
Кацивели	355,0	314,7	27,7	29,2	89,6	84,2

В г. Севастополе минимальные концентрации были примерно равны, при этом максимальная и средневзвешенная концентрация в 2017 г. были почти в 1,5 раза выше, чем в 2018 г. (табл.1). В пгт. Кацивели максимальная, минимальная и средневзвешенная концентрации были примерно равны.

В работе рассматривался внутригодовой ход средневзвешенной концентрации неорганического азота. Были зафиксированы высокие значения концентраций в пробах, отобранных в апреле и сентябре в обоих пунктах наблюдений (рис. 1).

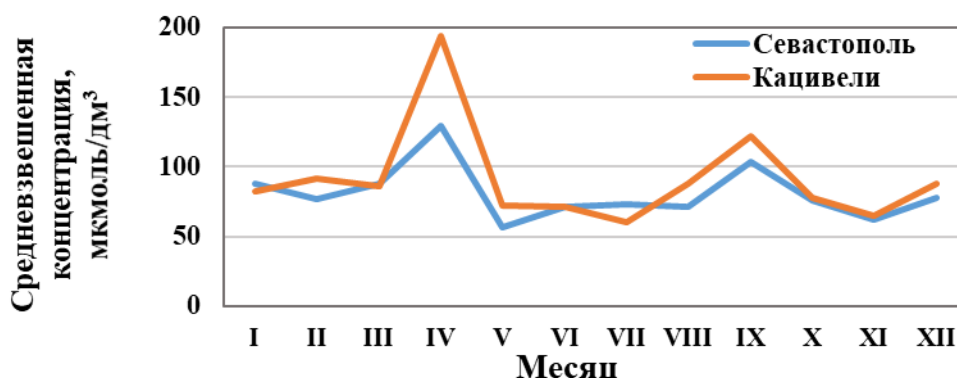


Рис. 1. Внутригодовое изменение средневзвешенной концентрации неорганического азота в г. Севастополе и пгт. Кацивели в 2017 – 2018 гг.

Данные пики объясняются тем фактом, что в эти месяцы наблюдались единичные случаи выпадения осадков, которые характеризовались небольшим количеством и длительным «сухим» периодом между случаями выпадения дождей. В результате этого происходило накопление примесей в атмосфере.

Неорганический фосфор и кремний. В г. Севастополе и пгт. Кацивели максимальные и минимальные концентрации неорганического фосфора в 2017 и 2018 гг. были приблизительно равны (табл.2), однако средневзвешенная концентрация в г. Севастополе в 2018 г. была в 3 раза выше, чем в 2017 г., в то время, как в Кацивели значения этих концентраций в исследуемый период были приблизительно равны.

Таблица 2

Концентрации неорганического фосфора в атмосферных осадках в 2017-2018 гг. в г. Севастополе и пгт. Кацивели

Точка наблюдения	Максимальная, мкмоль/л		Минимальная, мкмоль/л		Средневзвешенная, мкмоль/дм ³	
	2017	2018	2017	2018	2017	2018
Севастополь	18,2	17,3	0,10	0,10	0,5	1,8
Кацивели	1,6	1,7	0,02	0,01	0,3	0,2

Максимальные концентрации кремния в г. Севастополе и пгт. Кацивели в 2018 г. были почти в 2 раза выше, чем в 2017 г. (табл.3). Минимальная концентрация в г. Севастополе в 2017 г. была выше, чем в 2018 г., в то время, как в Кацивели, наоборот, минимальная концентрация, определенная в 2018 г., была в 3 раза выше, чем в 2017 г. Средневзвешенная концентрация кремния в пгт. Кацивели в 2018 г. была почти в 7 раз выше, чем в 2017 г., в то время как в г. Севастополе средневзвешенные концентрации были практически одинаковыми.

Таблица 3

Концентрации кремния в атмосферных осадках в 2017-2018 гг. в г. Севастополе и пгт. Кацивели

Точка наблюдения	Максимальная, мкмоль/л		Минимальная, мкмоль/л		Средневзвешенная, мкмоль/дм ³	
	2017	2018	2017	2018	2017	2018
Севастополь	34,5	17,9	0,05	0,00	4,5	5,0
Кацивели	5,0	3,0	0,01	0,03	0,7	4,9

Внутригодовое изменение неорганического фосфора (рис. 2, а) в исследуемый период характеризуется увеличением содержания этого элемента в теплый период года. Однако были зафиксированы максимальные средневзвешенные концентрации в 2017-2018 гг. в г. Севастополе в июне (7,71 мкмоль/дм³) и в пгт. Кацивели в сентябре (0,59 мкмоль/дм³).

Во внутригодовом изменении средневзвешенной концентрации кремния в 2017-2018 гг. (рис. 2, б) в атмосферных осадках прослеживалось увеличение его содержания весной и осенью. При этом были определены максимальные значения средневзвешенных концентраций в исследуемый период в июне и сентябре в г. Севастополе (23 мкмоль/дм³ и 17,5 мкмоль/дм³ соответственно) и в пгт. Кацивели (34,2 мкмоль/дм³ и 9,1 мкмоль/дм³ соответственно).

Высокие концентрации неорганического фосфора и кремния в эти месяцы также, как и для неорганического азота, могут быть вызваны единичными случаями выпа-

дения осадков, которые характеризовались небольшим количеством и длительным перерывом между случаями их выпадения.

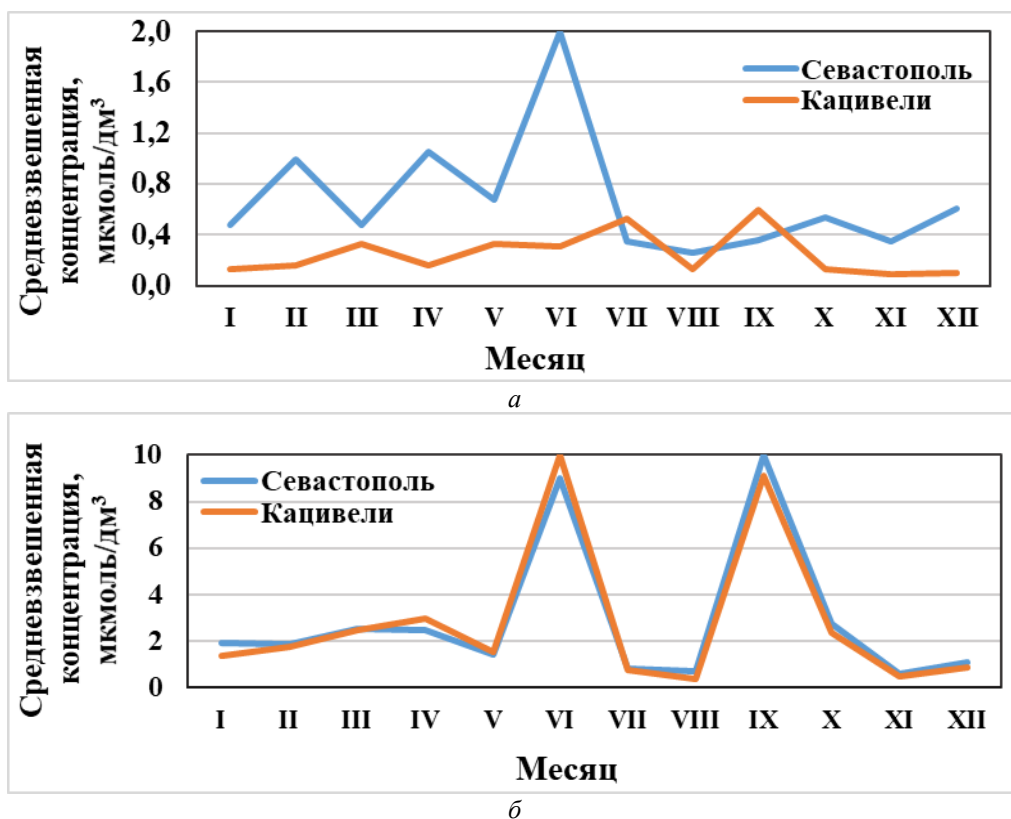


Рис. 2. Внутригодовое изменение средневзвешенной концентрации неорганического фосфора (а) и кремния (б) в г. Севастополе и пгт. Кацивели в 2017 – 2018 гг.

Заключение. Определено поступление биогенных элементов (неорганического азота, неорганического фосфора и кремния) с атмосферными осадками в районах г. Севастополя и пгт. Кацивели в период 2017-2018 гг. Основными формами азота, поступающими с атмосферными осадками, в обоих пунктах наблюдения являлись аммонийный и нитратный азот. Во внутригодовом распределении средневзвешенной концентрации неорганического азота в исследуемый период не было отмечено статистически значимых колебаний. Внутригодовое изменение содержания неорганического фосфора и кремния в г. Севастополе и пгт. Кацивели характеризовалось увеличением в осенний и весенний периоды года, что может объясняться уменьшением случаев выпадения осадков в это время, что приводит к накоплению изучаемых биогенных элементов в атмосфере.

Работа была выполнена в рамках темы государственного задания ФГБУН ФИЦ МГИ РАН № 0827-2019-0004 и при поддержке проекта № 19-05-00140 А «Воздействие пылевого переноса на баланс биогенных веществ и биохимические характеристики Черного моря».

Список литературы:

1. Николаева А.А, Торсуев Н.П. Изменчивость нитратов в атмосферных осадках на севере Русской равнины // Журнал экологии и промышленной безопасности. 2013. № 1-2. С. 28-32. Казань. ISSN: 2079-911X
2. Вареник А.В. Неорганический азот в атмосферных осадках г. Севастополя: источники, изменчивость и влияние на поверхностный слой прибрежных районов Черного моря. // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. 2017. Т. 28. № 6. С. 75-84. Москва. ISSN 0207-2564
3. Mahowald, N.M., Scanza, R., Brahney, J. et al. Curr Clim Change Rep (2017) 3: 16. <https://doi.org/10.1007/s40641-017-0056-z>

**COMPARATIVE ANALYSIS OF NUTRIENTS CONTENT
IN THE ATMOSPHERIC PRECIPITATIONS IN SEVASTOPOL
AND KATSIVELI (SOUTHERN COAST OF CRIMEA) IN 2017-2018**

M.A. Myslina¹, A.V. Varenik¹, S.A. Mayboroda²

*¹Marine Hydrophysical Institute of RAS, Sevastopol, 299011, Russia,
e-mail: 569455@mail.ru*

*²Black Sea hydrophysical Proving Ground of RAS,
Katsiveli, Yalta, 298688, Russia*

Abstract

In this paper the comparative analysis of nutrients (inorganic nitrogen, inorganic phosphorus and silicon) in the atmospheric precipitations in Sevastopol and Katsiveli in 2017 – 2018 is presented. It is shown that ammonium and nitrate were the main forms of nitrogen in the precipitations in both observation points. The intra-annual variation of volume-weighted mean concentrations of inorganic nitrogen characterized statistically non-significant fluctuations. The inorganic phosphorus and silicon concentrations increased slightly in spring and early autumn. This fact can be explained by rare cases of precipitations in this period, which leads to accumulation of these nutrients in the atmosphere.

УДК 661.183.2

СВОЙСТВА ЗЕРНЕННЫХ АДСОРБЕНТОВ, ПОЛУЧЕННЫХ НА БАЗЕ ГУЗА-ПАИ

Мьят Мин Тху, Мин Тху, Со Вин Мьинт, А.В. Нистратов, В.Н. Клушин

*Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева,
г. Москва, 125047, Россия, e-mail: dvk1971april@mail.ru*

Республика Союз Мьянма не является лидером мирового производства хлопка и даже не входит в десятку основных стран его производителей, которую образуют Китай, Индия, США, Пакистан, Бразилия, Узбекистан, Турция, Австралия, Терманистан и Мексика [1]. Однако с целью экспорта и для собственных нужд в государстве в значительных масштабах возделывают хлопчатник (рис. 1), после уборки урожая которого на плантациях остаются стебли и корневища этих растений, называемые гуза-паей. С такими остающимися в полях отходами от вегетации к вегетации хлопчатника может передаваться ряд болезней этой сельскохозяйственной культуры [2], что обуславливает необходимость их своевременного удаления с плантаций и рационального использования.



Рис. 1. Плантация хлопка перед сбором урожая

В научно-технической литературе предложено значительное число приемов утилизации гуза-паи, среди которых большинство ориентировано на ее использование для производства изделий строительного назначения [3, 4], хотя имеется и ряд других предложений [5, 6]. Среди таких предложений особый интерес вызывает возможность переработки гуза-паи на активные угли [7], представляющие собой достаточно ценные и широко востребуемые материалы. В этой связи рациональна организация и выполнение исследований, связанных с выявлением эффективности такой переработки гуза-паи, образующейся на плантациях Мьянмы.

Гуза-пая, доставленная с одной из хлопковых плантаций Мьянмы, была подготовлена для проведения исследований механическим разрезанием ее стеблей на цилиндрической формы фрагменты диаметром 3-5 и длиной 10-15 мм (рис. 2), имевшие в воздушно-сухом состоянии прочность при истирании около 99,5 %.

Ряд других показателей этого сырья охарактеризован в табл. 1 наряду с показателями полученных из него карбонизата и активного угля.

Исследованиями [8, 9], выполненными с привлечением наиболее приемлемой и доступной в условиях Мьянмы технологии, основанной на пиролизе подготовленных отходов с получением зауглероженных продуктов (карбонизатов) и их активации во-

дьяным паром, выявлены целесообразные условия реализации обеих термических операций, обеспечивающие рациональное сочетание величин выхода и свойств соответствующих целевых продуктов. Ряд их важнейших эксплуатационных показателей охарактеризован в табл. 1, а внешний вид иллюстрируют фотографии рис. 3 и 4.



Рис. 2. Фото фрагментов гуза-пая, подготовленные к эксперименту

Таблица 1

Технические характеристики сырья и целевых продуктов его термической переработки

Материал	Размер фракции, мм	Насыпная плотность, кг/дм ³	Элементный состав органической части, %			Содержание, %	
			С	Н	О*	влаги	золы
Гуза-пая	10-15	0,20	50,99	6,33	42,68	6,86	6,02
Карбонизат	7-12	0,18	59,25	4,70	36,05	2,37	6,04
Активный уголь	7-10	0,13	87,66	1,37	10,97	1,42	6,18

*по разности



Рис. 3. Ансамбль зерен карбонизата

Выход карбонизата составляет около 31,5 %, прочность при истирании – 86 %. При его суточном настаивании в дистиллированной воде дозой 10 г/л сухой остаток (СО) составил 472, а прокаленный (ПО) – 272 мг/л. Активный уголь характеризуют

выход по отношению к сырью 20 ± 3 %, прочность при истирании – 53 %, величины СО и ПО 620 и 45 мг/л соответственно (при тех же дозе и длительности контакта с дистиллированной водой).



Рис. 4. Ансамбль зерен активного угля

Адсорбционные свойства полученных карбонизата и активного угля наряду с их пористой структурой характеризуют приведенные в табл. 2 величины суммарного объема пор по воде (V_{Σ}), объемов сорбирующих пор (V_s) по парам воды, четыреххлористого углерода и бензола, поглощения йода (J_2) и красителя метиленового голубого (МГ).

Таблица 2

Поглотительные свойства карбонизата и активного угля

Объект	Показатели					
	V_{Σ} , см ³ /г	V_{sH_2O} , см ³ /г	V_{sCCl_4} , см ³ /г	$V_{sC_6H_6}$, см ³ /г	J_2 , %	МГ, мг/г
Карбонизат	1,32	0,13	0,03	0,12	71,1	6,6
Активный уголь	1,79	0,23	0,26	0,26	34,29	204

Сопоставление приведенных выше данных с величинами аналогичных показателей карбонизата и активного угля, полученных в работе [7] из образца гуза-паи, отобранного в Джизакском районе Узбекистана, позволяет отметить, что выход целевых продуктов обеих операций переработки гуза-паи из Мьянмы, как и величины их гравиметрической плотности и поглощения йода несколько ниже, однако показатели адсорбции C_6H_6 и красителя метиленового голубого выше.

Представленные на рис. 5 и 6 характеристики низкотемпературной адсорбции азота полученным в настоящей работе карбонизатом позволяют характеризовать его как адсорбент I-го структурного типа по классификации Брунауэра-Деминга-Деминга-Теллера [10].

Величина удельной поверхности карбонизата, оцененная по методу БЭТ, составляет $433 \text{ м}^2/\text{г}$, а удельный объем микропор – $0,159 \text{ см}^3/\text{г}$, что позволяет квалифицировать этот углеродный адсорбент как достаточно качественный прекурсор для получения активного угля.

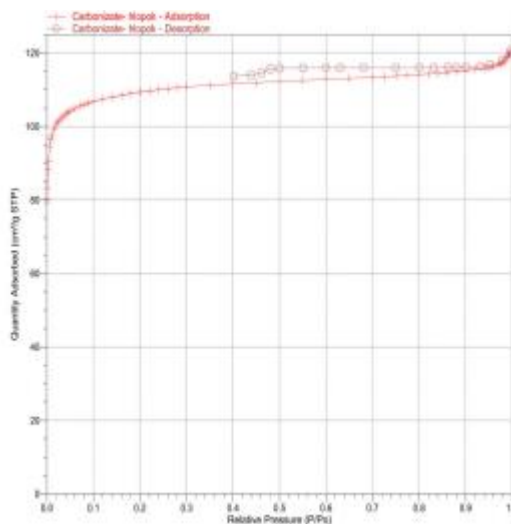


Рис. 5. Равновесие адсорбции-десорбции азота при 77 К карбонизатом

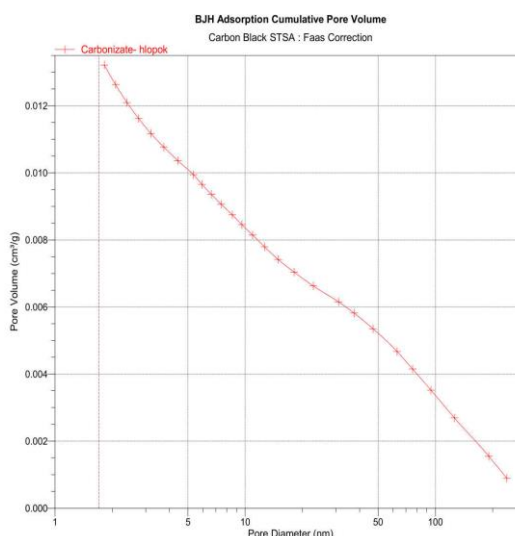


Рис. 6. Распределение объема пор карбонизата по размера

Список литературы:

1. Хлопок [Электронный тресурс] режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki> (дата обращения: 11.11.2018).
2. Источники инфекции вертициллеза хлопчатника и меры их... [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://rucont.ru/searchresults?q=%22%D0%B3%D1%83...> (дата обращения: 04.04.2018).
3. Строительный материал из гузапай [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.toptj.com/news/2007/11/28/> (дата обращения: 21.11.2018).
4. Из стеблей хлопчатника начнут выпускать древесностружечные плиты [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.gazeta.uz/ru/2016/09/26/dstp/> (дата обращения 14.10.2018).
5. Узakov Г.Н., Раббимов Р.Т., Алиярова Л.А., Рахимов С.А. Эффективность применения пиролизной технологии для получения альтернативного топлива из местных органических отходов // Молодой ученый, 2014, № 4, с. 280-283.
6. Рахматов О., Нуриев К.К., Юсупов А.М. Безотходная технология переработки остатков хлопчатника // Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2013, № 6, с. 103-108.
7. Сербина Т.В. Разработка технологии активных углей из гуза-пай (отхода хлопчатника). Дисс. к.т.н. – М.: МХТИ, 1993. – 223 с.

8. Мин Тху, Мьят Мин Тху, Со Вин Мьинт, Клушин В.Н. Характер деструкции отходов переработки урожая слив и выращивания хлопчатника под воздействием температуры // Успехи в химии и химической технологии, М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2017, том XXXI, № 9 (190), с. 42-44.
9. Мьят Мин Тху, Мин Тху, Со Вин Мьинт, Клушин В.Н. К оценке поглотительных свойств науглероженного остатка пиролиза стеблей и корневищ хлопчатника // Сб. материалов международной конф. «Химическая технология функциональных наноматериалов» М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 30.11-01.12.2017, с. 184.
10. Вячеславов А.С., Ефремова М. Определение площади поверхности и пористости материалов методом сорбции газов. М.: МГУ им. М.В. Ломоносова. 2011. - 65 с.

**PROPERTIES OF GRAINED ADSORBENTS OBTAINED
ON THE BASIS OF COTTON STALKS**

Myat Min Thu, Min Thu, Saw Win Myint, A.V.Nistratov, V.N. Klushin

*D. I. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia,
Moscow, 125047, Russia, e-mail: dvk1971april@mail.ru*

Abstract

The efficiency of the processing of carbon adsorbents by pyrolysis and activation of its target product with water vapor of cotton cultivation waste – cotton stalks formed on the plantations of Myanmar is estimated. A number of technical characteristics of the obtained carbon adsorbents are given, compared with similar indicators of these materials on the basis of the cotton stalks of the Jizzakh region of Uzbekistan.

**МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ АБЕРРАЦИИ НАДКЛЮВЬЯ ПТИЦ
ШАЛКАРО-ЖЕТЫКОЛЬСКОГО ОЗЁРНОГО РАЙОНА
(ОРЕНБУРГСКОЕ СТЕПНОЕ ЗАУРАЛЬЕ)**

А.С. Назин¹; Я.А. Назин²

¹Оренбургский государственный медицинский университет, г. Оренбург, Россия,
e-mail: nazinoff@mail.ru

²МБОУ "ССОШ №1", пос. Светлый, Светлинский район, Оренбургская область,
462740, Россия, e-mail: 2005 nazin@mail.ru.

Шалкаро-Жетыкольский озёрный район расположен на крайнем юго-востоке Оренбургской области в Светлинском районе [1]. Всего за время орнитологических исследований на территории района было отмечено более 240 видов птиц [2]. В районе отмечается динамика роста птиц с морфологическими абберациями надклювья, как по количеству особей, так и по видовому составу [3]. Материалы по морфологическим абберациям надклювий птиц собраны в пределах ключевой орнитологической территории международного значения RU-217 «Шалкаро-Жетыкольский озёрный район». Сбор фотоматериалов проводился преимущественно в ясную погоду. Фотодокументальная съёмка производилась цифровой камерой Nikon D5300 с телеобъективом AF-S Nikkor 80–400mm f/4.5–5.6 G ED. Нужно отметить, что рассматриваемая проблема в литературе отражена слабо. В справочниках-определителях практически нет данных о возможных морфологических изменениях в строении клюва птиц. Эти аномалии могут быть как приобретёнными (в результате травмы), так и врождёнными [4]; [5]; [6]. Отмечено, что птицы с морфологическими дефектами клюва вполне упитаны и социально адекватны [7]; [8]. Основой для работы послужил обширный архив цифровых фото авторов, сделанных в период с 2006 по 2019 гг. Общий его объём в настоящее время включает около 50 тысяч фотографий, более чем 210 видов птиц. Из них фотографии 23 видов птиц с морфологическими абберациями надклювья, часть материалов мы прилагаем к настоящей статье.

Белокрылый жаворонок *Melanocorypha leucoptera* гнездящийся и перелётный вид. Мы наблюдали белокрылых жаворонок 15 мая 2018 года, птицы кормились на западном берегу озера Шалкар-Ега-Кара и в стайке из 10-15 особей заметили одного с абберацией надклювья (рис.1).



Рис. 1. Белокрылый жаворонок с абберацией надклювья оз. Шалкар-Ега-Кара. 15.05.2018 г. Фото Назина А.С.

Так же с аномальными надклювьями белокрылых жаворонков мы встречали 2 мая 2017 года в урочище Пригородный, 5 мая 2017 года на берегу озера Шалкар-Ега-Кара, 2 июня 2017 года на берегу озера Жетыколь, 10 июня 2017 года возле посёлка Казанча.

Чёрный жаворонок, или **чёрный степной жаворонок** *Melanocorypha yeltoniensis* гнездящийся вид. Любопытное поведение чёрных жаворонков впервые довелось наблюдать вечером 15 апреля 2007 года на восточном берегу озера Шалкар-Ега-Кара. Из окна автомобиля сфотографирован самец чёрного жаворонка, как бы играющий камушком в клюве (рис.2).



Рис. 2. Самец чёрного жаворонка «играет» камнями, оз. Шалкар-Ега-Кара. 15.04.2007 г. Фото Назина А.С.



Рис. 3. Молодой чёрный жаворонок, «точит» клюв оз. Малый Обалыколь. 11.07. 2015 г. Фото Назина А.С.

Утром 11 июля 2015 года у озера Малый Обалыколь наблюдали и фотографировали молодого чёрного жаворонка, который брал в клюв камень, пожевав его немного, выплёвывал и так повторял несколько раз (рис.3).

На северном берегу озера Жетыколь 15 марта 2019 года в очередной раз наблюдался самец чёрного жаворонка, который токуя, перебирал камушки в клюве (рис.4). Наверное, таким способом, птицы ровняют неправильный «прикус» клюва.

Жёлтая трясогузка *Motacilla flava* гнездящийся и перелётный вид. На южной оконечности очистных сооружений, находящихся на северном берегу озера Шалкар-Ега-Кара 9 августа 2015 года, была сфотографирована жёлтая трясогузка с укороченным надклювьем [9]. Наблюдение велось из автомобиля, птица вела себя естественно, собирала корм. Только при просмотре фотографий был обнаружен дефект надклювья.



Рис. 4. Самец чёрного жаворонка перебирает камушки у оз. Жетыколь 15.03. 2019 г. Фото Назина А.С.

Серая мухоловка *Muscicapa striata* гнездящийся и перелётный вид. Мухоловку с изменённым надклювьем наблюдали 13 мая 2017 года, в не жилом посёлке Полевой. В то время среди развалин их летало около 10 особей. Сфотографировать удалось только одну птицу, у которой был, изогнут кончик надклювья.

Зарянка *Erithacus rubecula* пролётный вид, как правило, птицы летят поодиночке. За всё время нашего наблюдения сфотографировано только две особи с аберрацией надклювья 13 марта 2016 года на северном берегу озера Шалкар-Ега-Кара и 10 ноября 2018 года на северном берегу озера Жетыколь.

Усатая синица *Panurus biarmicus* ведёт оседлый образ жизни. На южном берегу озера Караколь 8 июля 2017 года в прибрежном тростнике была замечена усатая синица с удлинённым надклювьем.

Белая лазоревка, или князёк *Cyanistes cyanus* всю зиму кочует поодиночке иногда в районе можно встретить не большие стайки. В посёлке Озёрный 1 ноября 2018 года удалось снять князька с крючковатым надклювьем.

Домовый воробей *Passer domesticus* ведёт оседлый образ жизни. Самку домового воробья с аберрацией надклювья фотографировали 6 сентября 2018 года в посёлке Светлый. Самец домового воробья с аберрацией надклювья 6 сентября 2018 года был замечен в посёлке Светлый (рис.5).



Рис. 5. Домовый воробей с аберрацией надклювья пос. Светлый 06.09. 2018 г. Фото Назина Я.А.

Полевой воробей *Passer montanus* ведёт оседлый либо кочующий образ жизни. Фотографировали 11 мая 2018 года с крючковатым надклювьем воробья на западном берегу озера Шалкар-Ега-Кара.

Обыкновенная зеленушка *Carduelis chloris* зимующий вид. Самка зеленушки с абберацией надклювья была отмечена в посёлке Светлый 11 марта 2018 года. Самец зеленушки с аномальным надклювьем кормился 7 февраля 2019 года на северном берегу оз. Шалкар-Ега-Кара.

Чиж *Carduelis spinus* пролётный вид. Чиж с аномальным надклювьем был сфотографирован 19 декабря 2017 года в посёлке Озёрный.

Черноголовый щегол, или **обыкновенный щегол** *Carduelis carduelis* зимующий вид. С абберацией надклювья наблюдался в пос. Озёрный 22 декабря 2018 года (рис.6).



Рис. 6. Черноголовый щегол с абберацией надклювья пос. Озёрный 22. 12. 2018 г. Фото Назина А.С.

Жёлчная овсянка *Emberiza bruniceps* перелётный гнездящийся вид. С выступающим изогнутым надклювьем самец был снят 24 июля 2017 года у посёлка Рудниковый. На следующий день 25 июля 2017 года на берегу озера Шалкар-Ега-Кара тоже был сфотографирован самец с абберацией надклювья.

Существует предположение, что хозяйственная деятельность человека, возможно, повлияла на морфологические абберации надклювья птиц. Отразился ли антропогенный фактор на морфологические изменения, либо причины ещё в чём-то другом, вопрос остаётся открытым.

Список литературы:

1. Назин А.С. Птицы степных озёр Оренбуржья // LAP LAMBERT Academic Publishing. Германия, 2014. 173 с; ил.
2. Рябицев В.К. Птицы Урала, Приуралья и Западной Сибири: Справочник-определитель. 3-е изд., испр. и доп. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2008. 634 с.
3. Назин А.С. Природное царство казачьего края. LAP LAMBERT Academic Publishing, Mauritius: 2018.1-222.
4. Подковыркин Б.А. О встречах птиц с травматическими повреждениями // Рус. орнитол. журн. 2006. 15 (311): 214-215.
5. Прокофьева И.В. О существовании птиц с травмами и болезнями // Рус. орнитол. журн. 2006. 15 (311): 203-205.
6. Домбровский К.Ю. Галки. *Coryvus monedula* с гипертрофированным надклювьем // Рус. орнитол. журн. 2007. 16 (342): 125-126.
7. Рахимов И.И. Об аномальном разрастании клюва у некоторых видов птиц в условиях урбанизированного ландшафта // Орнитология 2001. 29: 336-337.

8. Резанов А.Г. Кормовое поведение галок *Corvus monedula* и других птиц, имеющих морфологические дефекты клюва и нижних конечностей // Рус. орнитол. журн. 2007. 16(392): 1700-1702.
9. Назин А.С. О встречах в Оренбургской области птиц с дефектами клюва, травмами конечностей и аномальной окраской оперения // Рус. орнитол. журн. 2018.Т.27 1697: 5679-5687.

**MORPHOLOGICAL ABERRATIONS OF THE UPPER MANDIBLE
OF BIRDS SHALKARA- ZHETYKOL' LACUSTRINE DISTRICT
(ORENBURG STEPPE TRANS-URALS)**

A.S. Nazin¹; YA.A. Nazin²

¹*Orenburg state medical University, Orenburg, Russia, e-mail: nazinoff@mail.ru*

²*MBOU "SSOSH № 1" pos. Svetlyy, Svetlinskiy rayon, Orenburgskaya oblast, 462740, Russia, e-mail: 2005, nazin@mail.ru.*

Abstract

Shalkara-Zhetykol' lacustrine district located in the extreme South-East of Orenburg region in the Svetlinsky district. The growth dynamics of birds with morphological aberrations of the upper mandible, both in the number of individuals and species composition, is noted in the area. These abnormalities can be acquired (as a result of injury), and congenital. The basis for the work was an extensive archive of digital photos of the authors made in the period from 2006 to 2019. Its total volume now includes about 50 thousand photos of more than 210 species of birds. Of these, photos of 23 species of birds with morphological aberrations of the upper mandible, part of the materials we attach to this article. There is an assumption that human economic activity may have influenced the morphological aberrations of the bird's upper mandible.

УДК 543.57

СПОСОБНОСТЬ ДИСПЕРСНЫХ ОТХОДОВ ПЕРЕРАБОТКИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ В АКТИВНЫЕ УГЛИ К ФИКСАЦИИ ПЛЕНОЧНЫХ НЕФТЕПРОДУКТОВ

**Наинг Линн Сое, Зин Мое, Мин Тху, Мьят Мин Тху, Со Вин Мьинг,
А.В. Нистратов, В.Н. Клушин**

*Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева,
г. Москва, 125047, Россия, e-mail: dvk1971april@mail.ru*

В РХТУ им. Д.И. Менделеева разработан ансамбль наиболее простых технологий (пиролиз + активация водяным паром образующихся зауглероженных материалов) зерновых активных углей на базе отходов растительного сырья, образующихся в целом ряде действующих производств республики Союз Мьянма (скорлупа орехов кокоса, рисовая шелуха, древесина железного дерева, оболочки семян манго, фрагменты косточек сливы, гуза-пая). Их реализация сопряжена с определенными потерями целевых продуктов в виде дисперсных просыпей, остатков зачистки оборудования при ремонтных работах, брака и тому подобных материалов, что предопределяет необходимость разработки обоснованных рекомендаций по их использованию.

Загрязнение воды нефтью и ее производными, в частности таковыми, находящимися на поверхности воды в виде пленок различной толщины, представляет собой все более возрастающую проблему [1-3]. В этой связи в работе изучена способность таких сорбционно активных материалов в виде порошков различных фракций (0,1-0,2 и 0,5-1,0 мм) вследствие их гидрофобности к фиксации плавающих пленочных нефтепродуктов, оцененная с использованием системы «вода – дизельное топливо».

В выполненных экспериментах в чашки Петри с 50 мл дистиллированной воды дозировали с использованием микрошприца определенное количество дизельного топлива, обеспечивая его сплошную пленку толщиной 0,1-0,5 мм. На эту пленку посредством устройства типа спичечного коробка с днищем, выполненным из латунной сетки и снабженным выдвижной защитной заслонкой, быстро рассеивали определенную навеску зерен испытываемого материала, стараясь обеспечить их равномерное распределение, и отмечали начало опыта длительностью в одни сутки.

Процесс связывания (адгезии) дизельного топлива испытываемыми углеродными материалами проявлялся в исчезновении целостности (сплошности) пленки топлива и стягивании ее фрагментов к отдельным частицам поглотителя или их агломератам, практически завершаясь в течение 3-5 мин. Дальнейшее развитие контакта фаз не приводило к заметным изменениям.

На рис. 1 охарактеризованы результаты суточных контактов пленок дизельного топлива различной толщины с примерно равномерно распределенными на их поверхность порошками карбонизата и активного угля, полученных из оболочек семян манго, дозами 38 и 30 мг/см² соответственно.

Данные рис. 2 на примере обработки пленки дизельного топлива толщиной 0,3 мм в названных выше условиях контакта фаз характеризуют зависимость величины ее удельной фиксации от дозы адсорбента.

Рис. 3 дает представление об эффективности фиксации (степени удаления) дизельного топлива карбонизатом (К) и активным углем паровой активации (АУ) на основе оболочек семян манго в названных выше дозах в зависимости от толщины его пленки.

Из данных рис. 1-3 следует, что максимальный очистной эффект в изученных условиях охарактеризованные адсорбенты обеспечивают при толщине пленки дизельного топлива, близкой 0,3 мм.

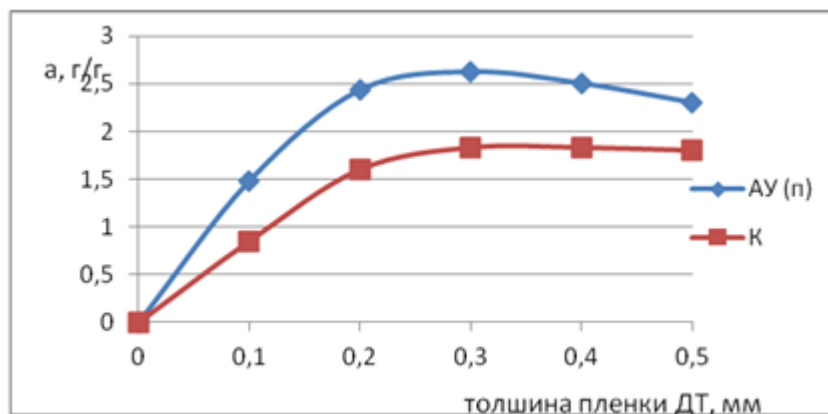


Рис. 1. Зависимость удельной фиксации дизельного топлива карбонизатом (К) и активным углем его паровой активации (АУП) от толщины его пленки

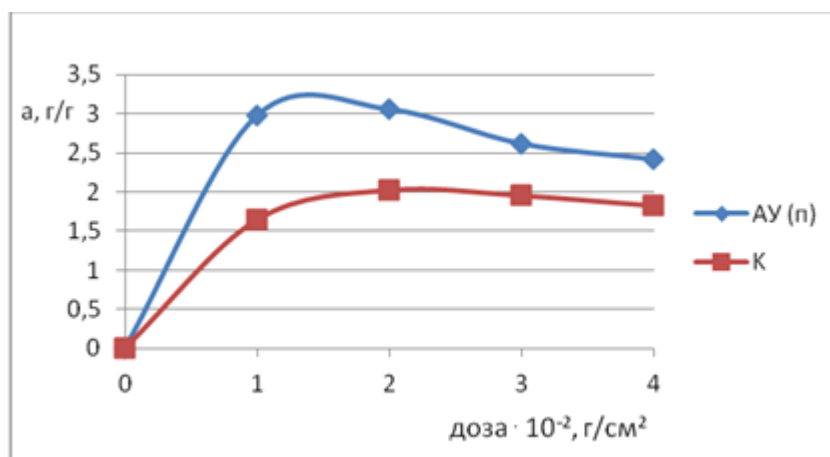


Рис. 2. Связь величин удельной фиксации пленочного дизельного топлива с дозой углеродных поглотителей

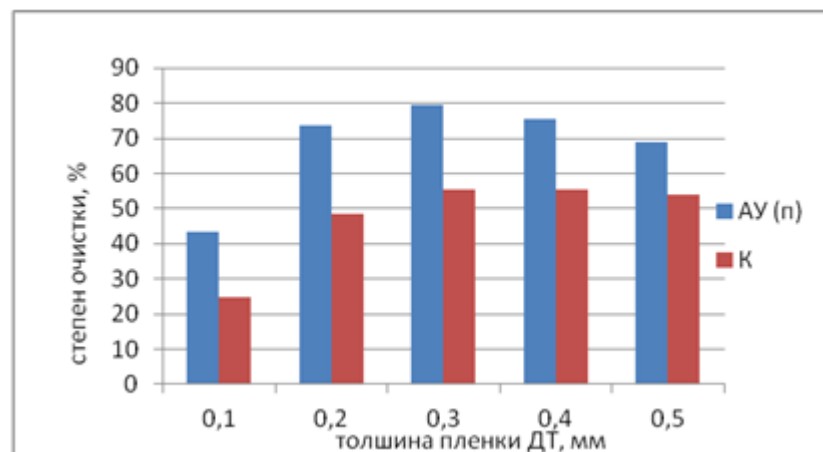


Рис. 3. Зависимость степени связывания дизельного топлива полученными углеродными адсорбентами от толщины его пленки

Выполненными исследованиями, связанными с экстракционной регенерацией отработанного активного угля (с использованием CCl_4 с последующей отгонкой остатка растворителя в сушильном шкафу при $110\text{ }^\circ\text{C}$ до постоянной массы), количественно удаленного с поверхности воды, и его циклическим использованием для фиксации пленки дизельного топлива толщиной $0,3\text{ мм}$ дозой 30 мг/см^2 , получены результаты, характеризуемые данными рис. 4.

Таким образом, оба изученных материала могут быть использованы для фиксации пленочных нефтепродуктов с эффективностью, не превышающей 50 и 80 % для карбонизата и активного угля соответственно, хотя демонстрируемая ими степень

насыщения (~2-3 г/г) существенно ниже таковой (8-12 г/г), обеспечиваемой лучшими на рынке сорбентами, предназначенными для этих целей [2].

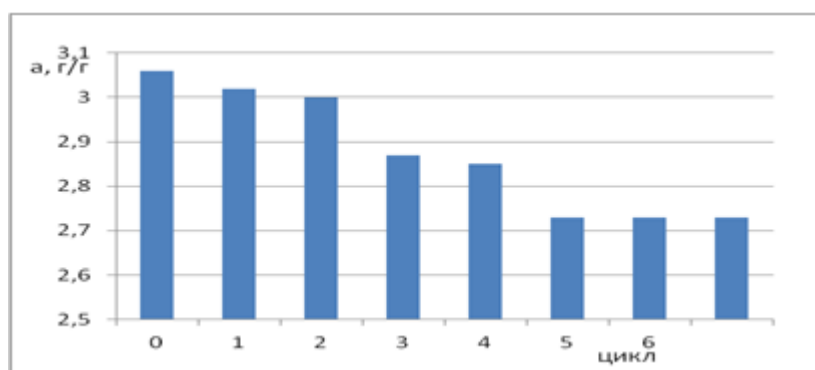


Рис. 4. Эффективность циклического использования активного угля при очистке поверхности воды от пленочного дизельного топлива

Ниже отражены результаты аналогичных экспериментов, выполненных с использованием порошков фракции 0,1-0,2 мм карбонизата и активного угля, полученных из отходов древесины железного дерева, и сплошных пленок дизельного топлива толщиной 0,014 и 0,028 см, находящихся на зеркале воды площадью 71 см².

Для удобства визуального наблюдения за такими процессами в ряде случаев дизельное топливо старались сделать цветным, обрабатывая красителем «конго красный». Фотографии рис. 5 дают определенное представление о кинетике подобных процессов, также практически завершившихся в пределах 3-5 мин.

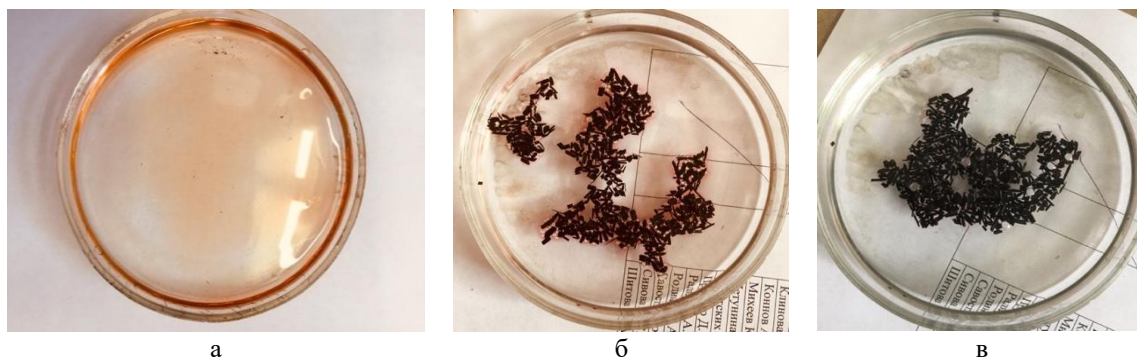


Рис. 5. Развитие процесса фиксации пленки дизельного топлива порошком активного угля: длительность контакта фаз (мин): 0 (а), 1 (б) и 3 (в)

Следует подчеркнуть, что сформировавшиеся конгломераты «фиксатор - дизельное топливо» во всех случаях оставались на плаву, вследствие чего их сбор с водной поверхности не представлял сложной задачи. Как видно из графика рис. 6, увеличение дозы фиксатора способствует росту связывания пленочного дизельного топлива лишь до определенного уровня.

Поглотительная (фиксирующая) способность испытуемых углеродных материалов возрастает с увеличением толщины d пленки дизельного топлива, но также имеет предел в районе величины d , близкой 0,14 см, что целесообразно учитывать на практике.

Результаты циклического использования карбонизата железного дерева и активного угля на его основе (дозами 4,2 и $2,8 \cdot 10^{-2}$ г/см² соответственно) для связывания пленочного дизельного топлива при регенерации насыщенного поглотителя охарактеризованным выше способом свидетельствуют, в отличие от таковых для продуктов, полученных из оболочек семян манго, о незначительном падении фиксирующей

способности карбонизата в первые 2-3 цикла и практическом постоянстве этого показателя для активного угля.

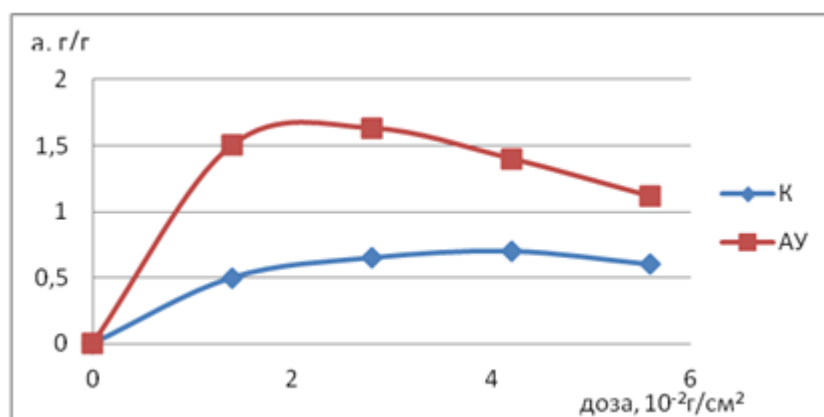


Рис. 6. Связь удельной фиксации пленочного дизельного топлива с дозой поглотителей (карбонизата К и активного угля АУ)

Аналогичные свойства проявляют такие же материалы, полученные из других названных выше отходов, с определенными различиями в поглотительной способности и результатах циклического использования.

Список литературы:

1. Долгих О.Г., Овчаров С.Н. Использование углеродных адсорбентов на основе растительных отходов для очистки нефтезагрязненных сточных вод // Вестник Северо-Кавказского ГТУ, 2010, № 1, с. 156-162.
2. Сорбенты для нефти [Электронный ресурс] режим доступа: <http://www.allbest.ru/> (дата обращения: 19.04.2018).
3. Опасность разливов нефтепродуктов [Электронный ресурс] режим доступа: www.ecosorb.ru/новость-2.html (дата обращения: 21.04.2019).

THE ABILITY OF DISPERSE WASTE OF PLANT RAW MATERIALS PROCESSING TO ACTIVATED CARBON FOR THE FIXATION OF FILM OIL PRODUCTS

Naing Linn Soe, Zin Moe, Min Thu, Myat Min Thu, Saw Win Myint,
A.V. Nistratov, V.N. Klushin

Mendeleev University of Chemical Technology of Russian, Moscow, 125047, Russia,
e-mail: [e-mail: dvk1971april@mail.ru](mailto:dvk1971april@mail.ru)

Abstract

By the example of diesel fuel, the ability for clean water from film oil products by carbonized dispersed materials that accompany (in the form of dispersed spills, equipment stripping residues during repair work, scrap and similar losses) waste materials processing of vegetable raw materials to activated carbon (coconut shells, rice husk, ironwood, mango seed shells, fragments of plum stones, guza-paya) formed on the existing production facilities of the Republic of the Union of Myanmar.

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ АКУСТИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНЫХ АКВАТОРИЙ

В.Н. Некрасов

*ФГУП «ВНИИФТРИ», рп Менделеево, Московская обл., 141570, Россия,
e-mail: nvn@vniiftri.ru*

Одним из направлений экологического контроля является мониторинг подводного акустического шумового загрязнения водных акваторий, вызванного источниками антропогенного происхождения (производственная деятельность, забивка свай в морское дно и его бурение, морская сейсморазведка, шумы судоходства). Еще в 2008 г. Международная морская организация (ИМО – International Maritime Organization), созданная при ООН, приняла в качестве высокоприоритетной программу работ «Шум от коммерческого судоходства и его влияние на морскую фауну», имеющей целью разработку рекомендаций по снижению шумности коммерческих судов. Эта программа интенсивно реализуется, повсеместно проводятся измерения подводного шума, излучаемого коммерческими судами и другими источниками, разрабатываются и согласовываются нормативные документы, призванные регламентировать допустимые уровни акустического воздействия на окружающую среду, и на очереди введение жестких ограничений на эксплуатацию особо шумных объектов. У нас в стране подобных широкомасштабных измерений пока не проводят.

В представленном докладе рассматриваются методы и средства, обеспечивающие возможность проведения контроля акустического загрязнения водных акваторий с помощью мобильных и малогабаритных гидроакустических систем, реализующих векторно-фазовые методы измерений (ВФМИ) и базирующихся на комбинированных гидроакустических (векторных) приемниках (КГП), в состав которых входит измерительный ненаправленный приемник звукового давления (гидрофон) и трехкомпонентный приемник градиента звукового давления с ортогонально ориентированными осями чувствительности. Особенностью этих систем является то, что уже в случае применения одиночного КГП возникает качественный скачок, который заключается в появлении новых свойств у точечной приемной системы – возможности в широкой полосе частот определять направление на источник шума, разделять по направлениям несколько источников и оценивать рабочие полосы частот и акустическую мощность их излучения. Это достигается благодаря применению принципиально новых (по отношению к системам на базе гидрофонов) методов и алгоритмов обработки информации, обеспечивающих измерение как интегрального значения потока акустической энергии (мощности) в точке размещения КГП, так и ее пространственного (в зависимости от угла прихода) распределения, что в свою очередь обеспечивает возможность выделения и измерения лишь той части акустической энергии, которая обусловлена наличием в выбранном секторе окружающей среды измеряемого объекта [1,3].

Концепцию векторно-фазовых методов заложил еще Николай Алексеевич Умов в своей докторской диссертации (1874 г.), в которой указывал на важность такой характеристики акустического поля как «количество энергии», получаемой путем перемножения мгновенных значений давления в волне и колебательной скорости (КС) частиц среды, известной сегодня как вектор Умова. Долгое время при решении практических задач гидроакустики такая характеристика поля как вектор Умова не была востребована из-за неясности самих физических аспектов формирования поля потоков акустической энергии, сложности создания комбинированных гидроакустиче-

ских (векторных) приемников и отсутствия высокопроизводительных цифровых средств обработки измерительной информации.

Один из важнейших вопросов, который возникает при создании измерительных систем на базе векторных приемников – существуют ли какие-либо устойчивые (фундаментальные) связи между скалярными, векторными и фазовыми (разностно-фазовыми) характеристиками полей локализованных и шумовых источников в реальном океане, позволяющие высказать определенные суждения об адекватности совместных измерений полей различными типами звукоприемников. Анализ векторно-фазовой структуры поля сигнала локализованного источника в океане позволил сделать ряд выводов, касающихся наличия фундаментальных связей между параметрами акустического поля для некоторых важных сигнально-помеховых ситуаций [1]. В частности, показано, что при наличии на акватории удаленного в направлении \mathbf{r} локализованного источника, горизонтальная компонента КС порождаемого им поля в дальней зоне, выраженная в единицах давления плоской звуковой волны путем формального домножения значения КС на волновое сопротивление среды ρc , в целом, по амплитуде и фазе идентична звуковому давлению.

Существуют также закономерности формирования векторно-фазовой структуры поля шумовых источников в океане. В частности, для большинства шумов моря акустического происхождения (объемный шум, поверхностный шум, шум береговой линии и т.п.) выполняется условие

$$P^2/(V_x^2 + V_y^2 + V_z^2) = (\rho c)^2 \quad (1)$$

Невыполнение условия (1) свидетельствует либо о наличии полей неволнового происхождения (шумы обтекания, турбулентные пульсации и пр.), либо о работе в несформированном (ближнем) поле источников.

Наиболее важным результатом расчетов шумового поля, генерируемого взволнованной поверхностью, следует считать, что при наличии дна с произвольным коэффициентом отражения $V(f, J)$, или/и вертикальной стратификации, при выполнении условия $kh > 3$, зависимости отношений P^2/V^2 от частоты и глубины не наблюдается, так что

$$P^2/(\rho c V_x)^2 \approx P^2/(\rho c V_y)^2 = 5-7 \text{ дБ}, P^2/(\rho c V_z)^2 = 2-3 \text{ дБ} \quad (2)$$

Существенно, что около 90 % энергии поля, генерируемой взволнованной поверхностью, определяется близлежащим участком, ориентировочно ограниченным кругом с радиусом, не превышающим 3-5 глубин размещения измерительной системы. Шумы же дальнего судоходства приходят преимущественно с горизонтальных направлений (для них обычно $P^2/(\rho c V_z)^2 > 15...30 \text{ дБ}$). Вертикальный канал ВП оказывается защищенным от шумов дальнего судоходства, так что в случае отсутствия мощных источников в непосредственной близости от приемной системы, канал V_z дает информацию об истинном значении уровня поверхностных шумов в районе наблюдений. Если обозначить через P_N^2 усредненный уровень звукового давления, генерируемого взволнованной поверхностью, а через P_r^2 – аналогичный уровень шумов, приходящих из дальней зоны, тогда их относительный вклад можно оценить, исходя из измеренных значений P^2/V_z^2 :

$$P_r^2/P_N^2 = [P^2/(\rho c V_z)^2] - 1 \quad (3)$$

Характерно, что в большинстве районов океанов и морей существует отличная от нуля доля шумов, приходящих из дальней зоны и имеющих относительно устойчивые направления в пространстве, что обусловлено наличием в любой акватории рекомендованных судоходных маршрутов.

За рубежом вопросам применения векторно-фазовых методов для решения прикладных задач уделяется пристальное внимание. Там были описаны, запатентованы и реализованы принципы построения и системы на базе векторных приемников (ВП) для использования их в радиогидроакустических буюх с целью обнаружения движущихся объектов.

щихся объектов, локализации источников низкочастотных импульсных сигналов [1], измерения параметров гидроакустических полей кораблей в условиях специальных морских полигонов [2].

Хотя в России при решении задач прикладной гидроакустики методы векторно-фазовых измерений широкого распространения пока не получили, важнейшим направлением исследований в области гидроакустических измерений с помощью векторных систем на сегодня является выявление их потенциальных возможностей, которые в решающей степени зависят от методов и алгоритмов обработки сигналов, снимаемых с отдельных каналов КГП. Следует выделить два принципиально различающихся между собой подхода к обработке сигналов, регистрируемых каналами комбинированной приемной системы, включающей приемник звукового давления и векторный приемник.

Первый подход включает в себя так называемые аддитивные алгоритмы, позволяющие сформировать в пределах одного приемного модуля дипольную, кардиоидную или иную статическую характеристику направленности (ХН), ориентированную в заданном направлении. Дальнейшая обработка сигнала (в том числе, с точки зрения помехоустойчивости) принципиально ничем не отличается от обработки сигналов, снимаемых с обычных гидрофонов. В этом случае реальная помехоустойчивость одиночного КГП определяется, как и в случае систем на базе приемников давления, преимущественно коэффициентом концентрации, т.е. фактически наличием «косинусной» характеристики направленности у КГП, и в зависимости от типа шумового поля и пространственной ориентации сформированной ХН лежит в пределах 0-13 дБ [1,2].

Второй подход связан с нелинейной обработкой сигналов. В нем применяются алгоритмы пространственно-частотной фильтрации, обеспечивающие, благодаря векторному характеру сигналов с КГП, измерение и накопление акустической энергии, приходящей в точку размещения КГП от различных и, как правило, некоррелированных источников. При этом, измерив временную последовательность мгновенных векторных распределений потоков энергии в узких полосах частот, можно рассчитать пространственное распределение и значение приходящего в точку размещения КГП потока акустической мощности (ПАМ) в любых заданных направлениях, секторах, плоскостях, телесных углах и диапазонах частот, а также временную изменчивость уровня ПАМ, приходящего из выбранной зоны пространства.

Разбиение по пространству интегрального значения ПАМ позволяет значительно снизить отношение сигнал/шум (порог обнаружения) уже на выходе измерительного устройства с КГП вплоть до значений $S/N = -(20...25)$ дБ по сравнению с одиночным гидрофоном. Эту величину следует, по-видимому, рассматривать как предельную для помехоустойчивости КГП, регистрирующего поток акустической мощности тонального сигнала. Однако для широкополосного локализованного источника теоретически предел выделения его на фоне шумов может быть существенно выше, и значения $S/N = -(30...40)$ дБ могут быть вполне допустимы при определенных условиях [3].

Рассмотрим более подробно алгоритм I – пространственно-частотной фильтрации потоков акустической мощности, наиболее широко используемый для обработки сигналов, регистрируемых каналами комбинированной приемной системы.

В заданном или выбранном для обработки частотном диапазоне Δf , включающем m узкополосных сигналов различной частоты или частотных поддиапазонов δf_i со средней частотой поддиапазона f_i , для каждой отдельной выборки с номером q строят массив из m независимых троек проекций потоков акустической мощности $W_{Rxi} = W_{Rx}(t_q, f_i)$, $W_{Ryi} = W_{Ry}(t_q, f_i)$, $W_{Rzi} = W_{Rz}(t_q, f_i)$ (предполагается, что направления осей X, Y и Z известны). Для этого обычно требуется задать ряд параметров. Например, если для фильтрации сигналов при обработке используются алгоритмы БПФ, следует задать время единичной выборки анализируемого сигнала τ_0 , как правило,

определяющее совместно с частотой дискретизации, использовавшейся при оцифровке сигнала, частотное разрешение спектра, а также сдвиг во времени Dt между соседними обрабатываемыми выборками ($t_{q+1} = t_q + \Delta\tau$, где Dt обычно соответствует половине или четверти длины отдельной выборки τ_0), число N усредняемых для каждой частоты значений W_R и закон усреднения.

В пределах единичной выборки длиной τ_0 с номером q для каждого частотного поддиапазона δf_i из анализируемого диапазона Δf могут быть определены азимутальный φ_i и полярный J_i углы прихода сигнала в горизонтальной и вертикальной плоскостях и интенсивность I_i этого сигнала, представляющая значение модуля вектора потока акустической мощности в направлении, определяемом углами j_i и ϑ_i :

$$\operatorname{tg} \varphi_i = \frac{W_{Ryi}}{W_{Rxi}}, \quad \operatorname{tg} \vartheta_i = \frac{W_{Rzi}}{\sqrt{W_{Rxi}^2 + W_{Ryi}^2}}, \quad (4)$$

$$I_i(\varphi_i) = \sqrt{W_{Rxi}^2 + W_{Ryi}^2} \quad \text{или} \quad I_i(\varphi_i, \vartheta_i) = \sqrt{W_{Rxi}^2 + W_{Ryi}^2 + W_{Rzi}^2}.$$

Разбивая весь диапазон анализируемых углов на M секторов (например, для плоского случая горизонтальной плоскости $M = 360/\Delta\varphi_0$, где $\Delta\varphi_0$ – выбираемое пространственное разрешение), для заданной частотной полосы $\Delta f = \sum_{i=1}^m \delta f_i$, состоящей из набора m дискретных частотных интервалов полосой df_i каждый (например, частотное разрешение БПФ или полоса пропускания узкополосного фильтра) рассчитывают дискретный набор значений (массив) $I(\varphi_n)$ для выборки q по алгоритму

$$I_q(\varphi_n) = \sum_{i=1}^m I_{qi} [f_i, (n-1) \cdot \Delta\varphi_0 \leq \varphi_i < n \cdot \Delta\varphi_0], \quad (5)$$

где n пробегает значения от 1 до M . В случае необходимости (если это не противоречит поставленной задаче), результат может быть приведен к полосе 1 Гц.

Далее переходят к следующей выборке ($q + 1$) и повторяют процедуру, получая массив значений $I_{q+1}(\varphi_n)$ для следующего момента времени, отстоящего на Dt от предыдущего, а результаты последовательных отсчетов усредняют, получая при достаточно большом времени усреднения распределение $I(\Delta f, \varphi_n)$, которое можно рассматривать как квазипространственный спектр акустического сигнала по потоку акустической мощности в заданной полосе частот в горизонтальной плоскости, который в случае отсутствия мощных локализованных источников на акватории в первом (грубом) приближении может быть близок к пространственному спектру, получаемому с помощью горизонтальной линейной антенны. Если при этом выражать колебательную скорость в эквивалентных единицах звукового давления плоской звуковой волны (т.е. вместо значения колебательной скорости V рассматривать значение $\rho c V$, где ρc – волновое сопротивление среды), то размерности I и P^2 будут совпадать, и их численные значения можно сравнивать. При этом, для акватории типа слоя с импедансной границей, в соответствии с данными [1], должно выполняться условие:

$$\sum_{n=1}^M I(\varphi_n) \equiv I_{\Sigma} \approx P^2 \quad (6)$$

Алгоритм II в основной части совпадает с алгоритмом I, описанным выше. Отличие касается способа расчета и построения диаграмм пространственного распределения потока акустической мощности (ПРПАМ). А именно, в пределах отдельной выборки в каждую угловую ячейку с номером n , характеризующую средним значением угла пеленга φ_n записывают интенсивности, определяемые из условия:

$$I(\varphi_n) = (1/2) \cdot \{ |I(\varphi_n) - I(180^\circ + \varphi_n)| + |I(\varphi_n) - I(180^\circ - \varphi_n)| \} \quad (7)$$

Приведенные на рис. 1а,б диаграммы ПРПАМ рассчитаны по алгоритму I для условий изотропных фоновых шумов в акватории (рис. 1а) и наличия двух диаметрально разнесенных относительно приемной системы мощных источников шума

(рис. 1б). На рис. 1в приведены ПРПАМ, рассчитанные по алгоритмам I и II для условий, когда на акватории отсутствовали видимые локализованные источники, но присутствовали шумы дальнего судоходства. На рис. 1г приведена временная зависимость нормированных на значение P^2 интегральных значений потока акустической мощности $\sum_{n=1}^M I(\varphi_n)$, рассчитанного по алгоритмам I и II. Видно, что изотропная составляющая шумов акватории быстро убывает уже при небольших временах усреднения, и остаются только относительно устойчивые (стационарные) в пространстве и времени анизотропные составляющие шумов дальнего судоходства.

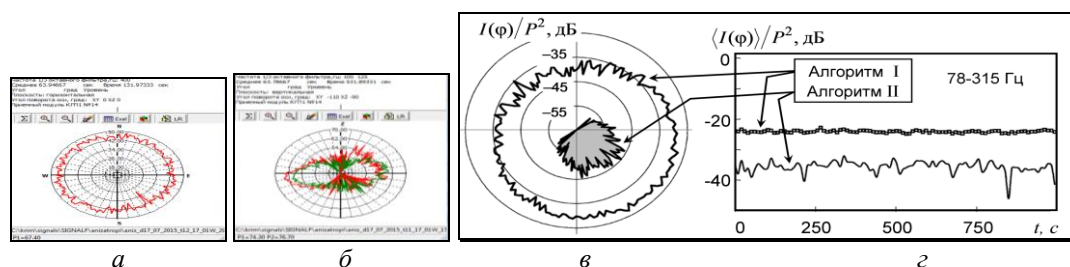


Рис.1. Диаграммы ПРПАМ в горизонтальной плоскости, рассчитанные по алгоритмам I и II.

Исходя из вышеизложенного, можно заключить, что рассмотренные методы векторно-фазовых измерений и реализующие их технические средства, основой которых являются комбинированные гидроакустические (векторные) приёмники и алгоритмы обработки их сигналов, способны в полной мере обеспечить возможность проведения в нашей стране экологического контроля и мониторинга акустического загрязнения водных акваторий путём дистанционного определения местоположения и акустической мощности источников их загрязнения, регламентировать допустимые уровни акустического воздействия на окружающую среду и вводить жёсткие ограничения на эксплуатацию особо шумных объектов.

Список литературы:

1. Гордиенко В.А. Векторно-фазовые измерения в гидроакустике / В.А. Гордиенко, В.Н. Некрасов // М., ВНИИФТРИ - 2007 - 451 С.
2. Clark J. Localization of Radiating Sources along the Hull of a Submarine Using a Vector Sensor Array / J. Clark, G. Tarasek // Oceans'06, Revolutionize Marine Science Technology Sept. 18-21, 2006, Hynes Convention Center, Boston - MTS IEEE - 2006.
3. Гордиенко В.А. Локализации источников излучения на корпусе корабля при одновременном использовании комбинированного приемника и методов спектрального анализа с высоким разрешением / В.А. Гордиенко, Н.В. Краснописцев, В.Н. Некрасов, В.Н. Торопов // Ак. журн. - 2011 - т. 57 - № 2 - С. 179-191.

METHODS AND MEANS OF ACOUSTIC CONTROL OF POLLUTION OF WATER AREAS

V.N. Nekrasov

FGUP "VNIIFTRI", RP Mendeleev, Moscow region, 141570, Russia,
e-mail: nvn@vniiftri.ru

Abstract

The methods and means providing the possibility of monitoring the acoustic pollution of water areas with the help of mobile and small hydroacoustic systems, which are based on combined hydroacoustic (vector) receivers and algorithms of vector-phase processing of their signals. Examples are given to show the effectiveness of the considered methods of vector-phase measurements in solving problems of acoustic monitoring of water areas by remote determination of the location and power of sources of acoustic pollution.

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА И ХИМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

Л.П. Некрасова

*ФГБУ «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Министерства здравоохранения России
119121, Москва, Россия, e-mail: laranekrasova@gmail.com*

Вода – важнейший ресурс жизнедеятельности человека. По данным ВОЗ, в настоящее время более миллиарда человек на планете употребляют воду, не отвечающую требованиям химической безопасности. Обеспечение населения чистой питьевой водой, повышение ее качества являются важными проблемами экологии и гигиены человека и окружающей среды. Вместе с тем, состояние источников водоснабжения ухудшается и приобретает угрожающий характер. Контроль качества водных объектов регламентируется нормативными документами и включает объемный перечень показателей. В России ПДК в воде регламентируются примерно для 1500 веществ, что составляет незначительную часть известных искусственно полученных веществ, представляющих потенциальную опасность для человека. В настоящее время в мире синтезировано более 30 млн. соединений и этот процесс продолжается. Из зарегистрированных на европейском рынке 143835 соединений, только 15% изучены в токсикологическом отношении в той или иной степени [1]. Все эти вещества распространяются в окружающей среде: присутствуют в атмосферном воздухе, накапливаются в почве, попадают в поверхностные и подземные воды, и далее – попадают в организм животных и человека.

Анализ водных объектов представляет собой сложную аналитическую задачу. Объекты анализа – поверхностные и подземные пресные воды, воды морей и океанов, атмосферные осадки, сточные воды предприятий представляют собой многокомпонентные системы переменного состава, в которых требуется обеспечить определение нормируемых концентраций вредных органических веществ на уровне ПДК и ниже. Это требует использования высокочувствительных методов анализа и создания методик определения, удовлетворяющих высоким метрологическим характеристикам. Для получения полной информации об объекте исследования требуется определение огромного количества различных показателей, что практически недостижимо. С другой стороны, из всего перечня ПДК методики удовлетворяющие таким характеристикам известны примерно только для 15% веществ [2]. Несмотря на существование длинного перечня ПДК химических токсикантов, мониторинг загрязнения водных объектов проводится по весьма ограниченному перечню показателей. Так, в Государственном докладе «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2015 году» отмечены эпизодические аварийные ситуации на хозяйственных объектах, следствием которых было загрязнение рек. Следует отметить, что при аварийном сбросе сточных вод контролировались в той или иной комбинации следующие показатели: аммонийный и нитритный азот, марганец, железо, кальций, магний, сульфаты, хлориды, фосфаты, рН, взвешенные вещества, цветность, запах, БПК, ХПК, летучие фенолы, что совершенно недостаточно для контроля загрязнения водных объектов. И даже по такому ограниченному перечню показателей по данным Росгидромета в 2015 году в России зарегистрировано 3021 случаев высокого загрязнения водных объектов [3]. 56% природных водоисточников характеризуются как сильно загрязненные.

Одно из важных мест в системе оценки качества и химической безопасности водных объектов занимают обобщенные показатели [2,4]. Для экспресс-оценки каче-

ства и безопасности воды используются водородный показатель, общая минерализация, общая жесткость, цветность, мутность, перманганатная окисляемость, химическое потребление кислорода (ХПК), общий органический углерод и др. В последнее время, вместо трудоемких определений ХПК и перманганатного индекса, все чаще используются прямое определение общего органического углерода на анализаторах общего углерода и азота. Анализ интегральных показателей является перспективным направлением для формирования обобщенной информации в сжатой форме, доступной для понимания качества и безопасности водных объектов. «По некоторым оценкам, интегральные показатели составляют едва ли не половину сведений, реально необходимых потребителям, чтобы принять обоснованные и современные решения» [5].

Несмотря на то, что обобщенные показатели качества используются давно, общая методология интегральных показателей отсутствует. Одна из причин такого состояния вопроса – нечеткость постановки задач анализа, сложность и многоплановость объектов исследования, а также методические проблемы определения интегральных показателей. Так, повсеместно применяемые методики определения фенольного индекса дают сильно заниженные значения суммарного содержания фенолов [6, 7], а из перечня аттестованных методик определения нефтепродуктов удовлетворительная точность результатов анализа обеспечивается только при использовании ИК-спектроскопии [7]. Критическому анализу часто подвергаются такие показатели, как ХПК, перманганатная окисляемость, растворенный органический углерод. Так, показатель ХПК непригоден для анализа чистых вод, а растворенный органический углерод не может быть использован для сильно загрязненных вод с высоким содержанием карбонатов и гидрокарбонатов [8]. Поскольку традиционные показатели ХПК, перманганатная окисляемость, общий органический углерод в основном отражают содержание природных органических веществ, концентрация которых многократно превышает содержание органических веществ антропогенного происхождения, то для оценки безопасности водных объектов эти показатели малопригодны. В связи с этим продолжается поиск новых показателей, позволяющих дифференцировать загрязнители различной природы и повышающих информативность получаемой с их помощью информации об объектах исследования. Так, для экспресс-скрининга вод предложены высокоинформативные интегральные показатели: техногенный углерод, техногенный хлор, техногенный бром и техногенный органический кислород, основанные на определении суммарной концентрации ограниченно-летучих соединений с использованием газовой хроматографии с атомно-эмиссионным детектированием [9]. Большой массив спектроскопических данных, обработанных с помощью математических методов, позволяет формировать «портрет» водного объекта и сигнализировать о его загрязнении [10].

Тенденция принятия управленческих решений на основе интегральной оценки качества и безопасности водных объектов находит все больше сторонников и обогащается работами и нормативными документами по этой тематике. Важным шагом в реализации оценки воды по интегральным показателям явилось принятие методических рекомендаций МР 2.1.4.0032—11 «Интегральная оценка питьевой воды централизованных систем водоснабжения по показателям химической безвредности». В этом нормативном документе интегральная оценка качества питьевой воды проводится на основе методологии оценки риска для здоровья населения. При этом этапу оценки риска предшествует определение химических веществ, присутствующих в питьевой воде исследуемого региона, которые могут оказывать негативное влияние на здоровье человека. В работе [11] дан анализ методических документов по оценке качества питьевой воды и рассмотрены вопросы оптимизации интегральной оценки питьевой воды по индексу качества воды (ИКВ). Предложено оценивать качество воды по формуле: $ИКВ = (\text{сумма } C/ПДК \text{ канцерогенных веществ} \times 5) + (\text{сумма}$

С/ПДК неканцерогенных веществ 1 и 2 классов опасности x 4) + (наибольшее С/ПДК для веществ 3 класса опасности с санитарно-токсикологическим показателем вредности x 4) + (наибольшее С/ПДК для ОКБ или ОМЧ x 3) + (сумма С/ПДК радиологических показателей x 2) + сумма наибольших С/ПДК для каждого из видов влияния на органолептические свойства воды. С одной стороны, ИКВ представляет собой легко воспринимаемую информацию, доступную, в том числе, и неспециалистам, а с другой – имеет недостатки, к которым относят отсутствие полной картины состава и свойств воды. Особую опасность представляет ограниченный набор приоритетных показателей для расчета ИКВ. Однако эта опасность сохраняется и при дифференциальной оценке качества и безопасности водных объектов.

В последние годы особую обеспокоенность вызывает присутствие в водных объектах в значимых концентрациях лекарственных средств. В зарубежных лабораториях проводится мониторинг таких загрязнений, однако в России такой контроль отсутствует. Также не учитываются процессы трансформации веществ, которые могут приводить к образованию более токсичных соединений, чем исходные.

Работа выполнена в рамках государственного задания № 056-00111-18-00 «совершенствование государственной системы контроля и обеспечения химической безопасности окружающей среды для здоровья населения с учетом процессов трансформации веществ»

Список литературы:

1. Рахманин Ю.А. Состояние и актуализация задач по совершенствованию научно-методологических и нормативно-правовых основ в области экологии человека и гигиены окружающей среды / Ю.А. Рахманин, О.О. Сеницына // Гигиена и санитария, 2013. - № 5. - С. 4 – 10.
2. Золотов Ю.А. Определение интегральных показателей как задача аналитической химии // Журн. аналит. химии. – 2004.- Т. 59. - № 7. – С. 677.
3. Государственный доклад «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2015 году» - М.: НИА-Природа, - 2016. – 270 с.
4. Дедков Ю.М. Современные проблемы аналитической химии сточных вод // Рос. хим. журн. – 2002. – Т. XLVI. - № 4. – С. 11-17.
5. Золотов Ю.А. Новая парадигма аналитического контроля // Экология и промышленность России, 2006. - № 3. – С. 38 – 40.
6. Вершинин В.И. Надежность интегральных показателей как оценок суммарных содержаний углеводородов и фенолов в природных водах / В.И. Вершинин, Т.В. Антонова, М.А. Федорова // Заводская лаборатория. Диагностика материалов, 2013. – Т. 79. - № 10. – С. 3 – 12.
7. Хатмуллина Р.М. Достоверность оценки загрязненности вод нефтяными углеводородами и фенолами с помощью некоторых интегральных показателей / Р.М. Хатмуллина, В.И. Сафарова, В.З. Латыпова // ЖАХ, 2018. – Т. 73. - № 7. – С. 545 -551.
8. Зуев В.К. Современные обобщенные показатели в мониторинге органических веществ в водах / В.К. Зуев, В.Г. Филоненко, В. П Зволинский //Актуальные проблемы экологии и природопользования, 2003. - № 3, ч.2. - С. 116 - 129.
9. Вожаева М.Ю. Методология организации экологического мониторинга ограниченно-летучих органических соединений в воде (на примере промышленно-развитого региона). Автореф. дисс. д.х.н. М. 2015. 48 с.
10. Некрасов В.В. Проблемы мониторинга безопасности систем централизованного водоснабжения и перспективы их решения // Рос. хим. журн. – 2005. – Т. XLIX. - № 4. – С. 92-101.
11. Красовский Г.Н. Гигиеническое обоснование оптимизации интегральной оценки питьевой воды по индексу качества воды / Г.Н. Красовский, Ю.А. Рахманин, Н.А. Егорова // Гигиена и санитария. - 2015. - № 5. - С. 5 – 10.

**CURRENT PROBLEMS OF QUALITY ASSESSMENT AND CHEMICAL
SAFETY OF WATER OBJECTS**

L.P. Nekrasova

*Federal State Budgetary Institution “Centre for Strategic Planning and Management
of Biomedical Health Risks” of the Ministry of Health of the Russian Federation,
119991, Moscow, Russia, e-mail: laranekrasova@gmail.com*

Abstract

Water bodies in the Russian Federation are in a state of ecological regress and tend to accelerate it. The existing system of water quality control includes a limited range of compounds, with many organic pollutants, as well as their transformation products that have a detrimental effect on public health, is beyond the attention of control bodies. An important factor in determining the quality of water is its integral assessment, including using new integral indicators.

ВАРИАНТЫ СОЗДАНИЯ УСКОРЕННОГО РАЗВИТИЯ АКВАКУЛЬТУРЫ В АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ

С.О. Некрасова

Волжско-Каспийский филиал ФГБНУ "ВНИРО" ("КаспНИРХ"),

e-mail: kaspnirh@mail.ru

По данным Министерства сельского хозяйства и рыбной промышленности Астраханской области неосвоенными остается большая часть, предложенных на сайте министерства, рыбоводных объектов, которые могут быть использованы для целей аквакультуры. Ученые Волжско-Каспийского филиала ФГБНУ "ВНИРО" ("КаспНИРХ"), заинтересованные специалисты, торговая промышленная палата Астраханской области при активном сотрудничестве работают над вариантами ускорения развития бизнеса в сфере аквакультуры.

Главным условием для стабильного развития не только аквакультуры региона и естественного воспроизводства рыбных запасов края, но и повышение экологической безопасности области является регулирование водных ресурсов р. Волги. В регулирование водных ресурсов входит: обеспечение достаточного количества воды в половодье, в необходимые сроки, поддержание нужного уровня на время не менее 60 суток и плавное уменьшение сбрасываемого количества воды. Результатом будет увеличение жизнеспособной молоди от естественного нереста, возможность плавного залития самотеком прудов, увеличение товарной продукции от аквакультуры.

Приоритеты в распределении и использовании водных ресурсов должны быть следующими:

- удовлетворение питьевых и коммунальных нужд населения;
- обеспечение условий самоочищения речного стока и развития самовоспроизводящихся ресурсов;
- водоснабжение промышленных предприятий и сельского хозяйства в допустимых объемах;
- выработка электроэнергии (без «пиковых сбросов воды» и резких колебаний уровня в зимний и весенний период).

Только при таком подходе к распределению водных ресурсов будет уверенность у администрации предприятий аквакультуры в бесперебойной работе, достаточной обводненности любого рыбоводного участка области, создания предпосылок для ускоренного развития производства рыбной продукции.

Рекультивация имеющихся нерестилищ, мониторинг их состояния, углубление каналов (ериков), поставляющих воду для их залития, мелиорация водоемов, развалка не санкционированно построенных дамб, перекрывающих доступ воды, позволит сохранить и поддерживать в экологически чистом состоянии водоемы для нереста и нагула рыб. Это сохранит биоразнообразие ихтиофауны Волго-Ахтубинской дельты, восстановит промысловые запасы рыб, увеличит их уловы.

Для снижения рисков гибели в зимнее время необходимо проведение постоянного мониторинга состояния существующих зимовальных ям. При необходимости проведение их дноуглубления и расчистки.

Модернизация, развитие, восстановление, поддержка в рабочем состоянии существующих нерестово-выростных хозяйств, осетровых рыбоводных заводов, рыбопитомников, замена ветшающего насосного оборудования, рыбозащитных сооружений, укрепление дамб, реконструкция выведенного из оборота прудового фонда, создание новых прудов позволит организовать рабочие места.

Предоставление рабочих мест местному населению для возможности участия в воспроизводстве биологических ресурсов, производстве рыбной продукции снизит пресс незаконного вылова водных объектов. Провоцирует незаконный вылов рыбы доступность в продаже рыболовных сетей с крупной ячеей. Сетные орудия лова должны быть доступны потребителю только по разрешению на вылов рыбы и/или использоваться рыбаками в местах выпуска молоди для предварительной очистки акватории от хищников.

Повышение производства качественных кормов позволит снизить себестоимость выращивания рыбы. Строгий контроль за биотехнологическими нормативами выращивания, использование качественного посадочного материала, выведение из выращивания тугорослой части рыбы и использование ее для производства гранулированных кормов повысит эффективность товарного выращивания гидробионтов.

Создание кадастрового реестра водоемов Астраханской области упростит получение информации заинтересованными в развитии аквакультуры предпринимателями, упростит процесс оформления рыбоводных участков.

Для ускорения развития аквакультуры и повышения качества биотехнологического процесса выращивания гидробионтов необходимо повысить контроль над воспроизводством биологических ресурсов. Увеличить количество государственных или независимых аккредитованных лабораторий по контролю качества среды и производимого товара.

На всероссийском уровне повысит привлекательность выращивания объектов аквакультуры: снижение налогов на землю, водопользование, тарифов энергоснабжения. Увеличение количества выделяемых региону беспроцентных субсидий на развитие аквакультуры поможет приобретению современного оборудования, восстановлению заброшенных в настоящее время прудовых площадей в количестве 4,0 тыс.га.

Временные рыбоводные нормативы выращивания объектов аквакультуры должны утверждаться на региональном уровне. Экологическая специфика водоемов Астраханской области позволяет увеличение эффективности выращивания гидробионтов путем корректировки нормативов выращивания. Корректировкой нормативов выращивания может заниматься непосредственно само предприятие или специалисты, привлекаемые со стороны на договорных условиях.

Необходимо выделение финансирования или другие поощрительные государственные действия при разработке, апробации и внедрении инновационных предложений по выращиванию гидробионтов. Тиражирование и пропаганда эффективности бизнеса в сфере аквакультуры на основе последних научных достижений должна поощряться администрацией.

Важным в современных условиях аспектом является разработка и поддержание системы управления финансовыми потоками, их распределительными функциями с учётом затрат и рисков при выделении государственной поддержки предприятий аквакультуры. Необходим контроль над реализацией бюджетных средств. Обеспечение бесперебойного денежного потока по согласованному и утвержденному графику финансирования. Разработка пени (штрафных санкций) за его срыв.

Помощь высококвалифицированных специалистов в распределении и продвижении продукции от производителя непосредственно к потребителю позволит снизить конечную стоимость продукции, обеспечит получение наибольшей прибыли производителями, ускорит доставку к потребителю. Обеспечение бесперебойных поставок продукции позволит планировать освобождение производственных площадей рыбопроизводных предприятий и оптимизирует бизнес процессы.

Рациональное использование ресурсов рыбной промышленности, безотходное производство при переработке рыбной продукции (заводы по выделке кожи рыб,

получению пектина и т. д.) повысят эффективность рыбохозяйственного комплекса, снизят себестоимость продукции, увеличат экологическую безопасность края.

Контроль над легализацией, прозрачностью и обеспечением безопасности туристического бизнеса позволит повысить качество услуг в данной сфере.

Таким образом, для создания ускоренного развития аквакультуры Астраханской области необходимо выполнение хотя бы нескольких из данных вариантов:

- соблюдать рыболовные рекомендации при весеннем сбросе воды из водохранилищ,
- проводить мелиорацию водных объектов,
- запретить продажу в открытом доступе сетей с крупной ячеей,
- повысить производство качественных кормов,
- создать кадастровый реестр водоемов,
- создать государственные ветеринарные лаборатории на производствах,
- снизить налоговые нагрузки на бизнес,
- увеличить количество беспроцентных субсидий,
- разработать пакет сопроводительных документов с описанием современных производственных и административных процессов, выдаваемый при аренде рыболовного участка,
- контролировать предоставление рыбопромышленниками администрации сведений о работе рыболовного участка, сопровождать поддержкой администрации эффективности производственных процессов,
- совершенствовать логистику доставки продуктов аквакультуры к потребителю,
- внедрить безотходное производство,
- поощрять внедрение инновационных процессов.

Все вышеперечисленные варианты создания ускоренного развития аквакультуры в Астраханской области позволят вывести регион на новый уровень развития, сделают понятным и привлекательным бизнес выращивания, переработки рыбной продукции. Если реализовать все предложения отдача от их реализации повысится, увеличив экологическую безопасность одной из южных территорий Российской Федерации.

OPTIONS FOR THE ESTABLISHMENT OF ACCELERATED DEVELOPMENT OF AQUACULTURE IN ASTRAKHAN REGION

S.O. Nekrasova

Volga-Caspian branch FSBSI «VNIRO» («CaspNIRKh»), e-mail: kaspnirh@mail.ru

Abstract

The paper presents options for actions that can create a prerequisite for accelerating the development of aquaculture in the Astrakhan region and possibly in other regions of the Russian Federation. The implementation of the proposed action would increase the efficiency of cultivation of fish products, will create the opportunity to accelerate the introduction of innovative offers on an industrial scale, will increase the commitment to the development of the cultivation of aquatic organisms. All of the above actions will improve the environmental safety of both the reproduction of aquatic organisms and their commercial cultivation, reduce the anthropogenic load on the ecosystem of the Astrakhan region.

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ^{137}Cs И ^{90}Sr В ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ
БЕЛОРУССКОГО СЕКТОРА ЗОНЫ ОТЧУЖДЕНИЯ
ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС**

Р.А. Ненашев¹, В.Л. Борисенко¹, А.А. Баленок¹, А.Н. Чудинов¹, М.А. Шабалева²

¹*Полесский государственный радиационно-экологический заповедник,
г. Хойники, Гомельская область, 247618, Республика Беларусь, e-mail: rm@tut.by*

²*Гомельский государственный медицинский университет,
г. Гомель, 246000, Республика Беларусь*

В результате катастрофы на Чернобыльской АЭС значительная часть радиоактивных осадков выпала на водосбор реки Припять. Примерно 70 км русла реки протекает по территории белорусского сектора зоны отчуждения ЧАЭС. В зоне радиоактивного загрязнения оказались многочисленными притоки, пойменные озера, низинные болота и мелиоративные каналы. В настоящее время накопление и распределение радионуклидов в этих водоемах определяется плотностью радиоактивного загрязнения водосборной территории; особенностями гидрологического режима водоемов; степенью биологической доступности радионуклидов для гидробионтов. При этом наиболее важным объектом мониторинга радиоактивного загрязнения водных экосистем являются промысловые виды рыб. Теоретически, миграция рыбы с высокими уровнями накопления радионуклидов в более чистые участки верховья р. Припять за пределы зоны отчуждения может приводить к дополнительным дозовым нагрузкам на сельское население. Также, особую актуальность на современном этапе имеют исследования направленности и интенсивности процессов вторичного радиоактивного загрязнения водных экосистем в результате поверхностного стока с территории водосбора. Исходя из этого, целью данной работы являлось проведение сравнительного анализа распределения радионуклидов (^{137}Cs , ^{90}Sr) по компонентам двух водных экосистем различного происхождения на территории белорусского сектора зоны отчуждения ЧАЭС: естественного пойменного водоема и затопления, образованного на месте бывших сельскохозяйственных угодий.

Исследования проводились на двух водных объектах, расположенных на территории Полесского государственного радиационно-экологического заповедника, различающихся по водному режиму и являющихся типичными для ландшафтов белорусского сектора зоны отчуждения ЧАЭС. 1) Естественное пойменное озеро Персток расположено в окрестностях бывшего населенного пункта (б.н.п.) Масаны, в 3 км от русла р. Припять и в 10 км в северо-западном направлении от ЧАЭС. Водоем является полностью замкнутым, эвтрофным, с сильной степенью зарастания. Подпитывается в основном за счет паводковых и грунтовых вод, а также атмосферных осадков. Площадь озера равна 0,1 км². Средняя глубина – 1,84 м. Площадь водосбора небольшая и составляет 1,5 км². Мощность отложений составляет около 0,5 м. 2) Искусственный водоем, называемый «Борщевским затоплением», образован в 1993 году на месте бывших сельскохозяйственных угодий после перекрытия дамбой Погонянского канала. Южная оконечность водоема расположена в 14 км к северу от ЧАЭС. Представляет собой мелководный водоем болотного типа, площадью 11,8 км². Площадь территории водосбора – 54 км². Максимальные глубины водоема приурочены к руслам бывших мелиоративных каналов и достигают 1,5-2 м, на затопленных залежных землях уровень воды составляет в среднем 0,5-1,1 м.

Вода обследуемых водоемов имеет низкую минерализацию (85-98 мг/л) и слабокислую реакцию среды (рН 6,5-6,8). Донные отложения отбирались на глубине 0,5 и 1,5 м трубчатым отборником диаметром 60 мм и высотой рабочей части 250 мм.

Вдоль береговой линии проводился отбор проб почвы на расстоянии 5-10 м от уреза воды стандартным пробоотборником диаметром 50 мм на глубину 200 мм.

Изъятие рыбы осуществлялось крючковыми орудиями лова. После пробоподготовки в пробах измерялась удельная активность ^{137}Cs методом гамма-спектрометрии, ^{90}Sr – инструментальным или радиохимическим методом. Результаты измерений содержания радионуклидов в почве, донных отложениях и мышечной ткани рыб приведены для сырой массы проб.

Анализ характера статистического распределения данных по плотности загрязнения почв водосбора (таблица 1) показал, что оно является логнормальным и обусловлено сильной мозаичностью радиоактивных выпадений. Для последующего статистического анализа проводилось логарифмирование данных для приведения их к нормальному распределению. Установлено, что плотность радиоактивного загрязнения почв водосбора ^{137}Cs и ^{90}Sr Борщевского затопления и озера Персток практически одинакова. Содержание ^{137}Cs в донных отложениях также имеет сходные величины. Однако загрязнение донных отложений ^{90}Sr в замкнутом озере Персток в 2 раза выше ($p < 0,01$). Общей закономерностью является то, что в целом содержание радионуклидов в отложениях ниже, чем в почве береговой линии.

Относительно высокое содержание ^{137}Cs регистрируется в водах оз. Персток и варьирует в пределах 6-11 Бк/л. Для вод Борщевского затопления концентрация этого радионуклида колеблется в пределах 2-5 Бк/л. Концентрация ^{90}Sr в воде оз. Персток и Борщевского затопления изменяется в пределах 13-21 и 4-18 Бк/л соответственно. Таким образом, несмотря на одинаковую плотность радиоактивного загрязнения почвы водосбора средние значения концентраций ^{137}Cs и ^{90}Sr в поверхностных водах обследуемых водоемов достоверно различаются между собой на уровне значимости $p < 0,01$. Обнаруженные закономерности могут указывать на более интенсивное поступление ^{90}Sr с территории водосбора в замкнутое озеро Персток по сравнению с другими водоемами, приводящее к дополнительному загрязнению как донных отложений, так и в водных масс.

Таблица 1

Радиоактивное загрязнение территории водосбора, донных отложений и воды

Водоем	Плотность радиоактивного загрязнения почвы водосбора, кБк/м ²		Плотность радиоактивного загрязнения донного грунта, кБк/м ²		Концентрация в воде, Бк/л	
	^{137}Cs	^{90}Sr	^{137}Cs	^{90}Sr	^{137}Cs	^{90}Sr
Оз. Персток	2281±439	564±121	848±204	317±49	7,8±0,8	17,4±1,4
Борщевское затопление	2937±208	581±86	891±161	121±34*	2,9±0,5**	8,7±2,2**

* - Различие достоверно при $p < 0,05$

** - Различие достоверно при $p < 0,01$

Характеризуя пространственное перераспределение радионуклидов в направлении «почва водосбора – поверхностные воды», следует обязательно принимать во внимание факт горизонтальной миграции радионуклидов вместе с поверхностным стоком в водоемы зоны отчуждения. Однако интенсивность этих процессов для замкнутых водоемов белорусского сектора зоны отчуждения изучена недостаточно. Поэтому одной из задач исследования распределения радионуклидов в водных объектах была количественная оценка поверхностного смыва радионуклидов с территории водосбора и расчет объемов поступления радионуклидов в водоемы с жидким поверхностным стоком.

Рассматривая вклад водного фактора в самоочищении территории водосбора от радиоактивного загрязнения, необходимо подчеркнуть, что его значение в целом для Полесья и смежных регионов уступает снижению загрязнения за счет естественного распада ^{137}Cs и ^{90}Sr . Но, тем не менее, это второй по значимости фактор, значительно превосходящий биологический и ветровой перенос этих радионуклидов.

В таблице 2 приведена расчетная оценка поступления радионуклидов в водоемы с территории водосбора с жидким поверхностным стоком. Для расчетов использовались данные по среднегодовому количеству осадков на местности за последние 10 лет и экспериментально установленные коэффициенты смыва растворимых форм ^{137}Cs , ^{90}Sr для дерново-подзолистых почв 30-км зоны ЧАЭС [1]. В общем случае коэффициентом смыва принято называть отношение активности радионуклида, смытой в течение года с водосбора к активности, содержащейся на этом водосборе до начала смыва. Используемые средневзвешенные величины коэффициентов смыва, нормализованных на 1 мм жидкого стока, составляют $1,0 \times 10^{-5}$ и $1,6 \times 10^{-4}$ для ^{137}Cs и ^{90}Sr соответственно. Среднегодовой объем жидкого стока для каждого водоема определялся, как произведение годового количества осадков (600 мм/год), коэффициента жидкого стока для супесчаных дерново-подзолистых почв (0,04) и площади водосбора озера Персток ($1,5 \text{ км}^2$) и Борщевского затопления (54 км^2). Из приведенных данных видно, что суммарный вынос как ^{137}Cs , так и ^{90}Sr определяется прежде всего подвижностью радионуклида и содержанием их мобильных форм в почве водосбора, а также площадью водосбора. Ежегодное уменьшение уровня радиоактивного загрязнения территории водосборов за счет естественного смыва является незначительным и составляет в среднем 0,02 и 0,38 % от имеющегося запаса ^{137}Cs и ^{90}Sr соответственно. Исследованиями других авторов установлено, что на водосборах Украинского Полесья, где почвы также преимущественно минеральные, доля смыва радиоактивности имеет схожие величины. Интенсивность поверхностного смыва ^{90}Sr при этом в 3–5 раз выше, чем ^{137}Cs , но не превышает 1 % [2]. Именно поэтому процессы снеготаяния и дождей даже через десятки лет после аварии не уменьшили существенно общее количество радионуклидов на водосборных территориях, а также не привели к значительному вторичному загрязнению водных систем.

Таблица 2

Вынос радионуклидов с территории водосбора в водоемы
с жидким поверхностным стоком

Параметр	Оз. Персток		Борщевское затопление	
	^{137}Cs	^{90}Sr	^{137}Cs	^{90}Sr
Вынос радионуклидов с территории водосбора:				
Бк/год	$5,70 \times 10^8$	$2,29 \times 10^9$	$3,02 \times 10^{10}$	$7,68 \times 10^{10}$
%	0,02	0,38	0,02	0,38
Годовое поступление в водоем относительно имеющейся активности в водоеме, %	0,38	6,87	0,34	5,53

Последнее утверждение прежде всего касается короткоживущих радионуклидов, а также ^{137}Cs , и ^{90}Sr . Скорость снижения их концентрации за счет физического распада выше темпов поступления в водные экосистемы. В отношении трансурановых элементов с длительным периодом полураспада вероятнее всего обратная ситуация.

Очевидно, что со временем вторичное загрязнение трансурановыми элементами замкнутых водоемов зоны отчуждения за счет поверхностного смыва будет только увеличиваться.

В целом, характеризуя уровни вторичного загрязнения водоемов замкнутого типа необходимо отметить, что в первую очередь этой опасности подвержены небольшие по площади водоемы. Так, относительное поступление со смывом ^{137}Cs и ^{90}Sr в озеро Персток выше значений, полученных для Борщевского затопления. При этом поступление радионуклидов в водоемы с поверхностным стоком зависит от концентрации их мобильных форм в почве водосбора. Наиболее интенсивным является смыв ^{90}Sr , который ежегодно составляет 5,5-6,9 %, от количества, уже содержащегося в водоеме.

Сохраняющиеся в настоящее время высокие уровни радиоактивного загрязнения поверхностных вод и донных отложений водоемов зоны отчуждения обуславливают значительное накопление радионуклидов в водных организмах. В связи с этим важное значение имеют исследования степени биодоступности различных радионуклидов в зависимости от гидрологической характеристики водоема. В таблице 3 приведены данные по содержанию ^{137}Cs , ^{90}Sr в мышечной ткани рыб, а также величины коэффициента накопления радионуклидов в мышцах относительно концентрации в воде (таблица 3).

Таблица 3

Накопление радионуклидов в мышечной ткани рыб

Водоем	Вид	Содержание, кБк/кг		Коэффициент накопления	
		^{137}Cs	^{90}Sr	^{137}Cs	^{90}Sr
Оз. Персток	Карась	3,56±0,36	0,09±0,03	456±46	5,2±1,6
		2,06-5,79	0,04-0,32	264-742	2,4-18,6
	Линь	3,13±0,34	0,12±0,01	402±44	7,0±0,8
		2,31-4,88	0,06-0,15	297-626	3,2-8,9
	Плотва	3,05±0,11	0,24±0,03	396±15	13,8±1,6
		2,00-4,28	0,09±0,47	257-548	5,5-26,9
Красно-перка	2,95±0,25	0,17±0,02	379±33	9,9±1,3	
	2,70-3,36	0,14-0,20	346-431	7,8-11,2	
Окунь	7,72±0,65	0,15±0,02	989±83	8,5±1,2	
	5,96-9,55	0,10-0,19	764-1224	5,7-11,1	
Щука	7,26±0,47	0,24±0,03	931±61	13,5±1,9	
	4,13-11,51	0,05-0,61	530-1476	2,6-35,3	
Борщевское затопление	Карась	1,22±0,19	0,12±0,02	419±64	13,3±1,7
		0,80-1,78	0,10-0,17	277-615	11,4-19,2

Несмотря на значительную вариабельность данных, в целом радиоактивное загрязнение ^{137}Cs рыб, обитающих в озере Персток выше, по сравнению с Борщевским затоплением. При этом кратность различий достигает трех раз и достоверна на уровне значимости $p < 0,01$. Однако в отношении ^{90}Sr такой закономерности не обнаружено. Например, его содержание в мышцах карася практически одинаково в обоих случаях.

Следует отметить, что данные по накоплению ^{137}Cs и ^{90}Sr в мышечной ткани рыб практически не коррелируют с плотностью радиоактивного загрязнения донных отложений озера Персток и Борщевского затопления, но имеют достоверную зависимость от концентрации радионуклидов в воде ($p < 0,01$). На основании этого расчет коэффициентов накопления относительно загрязнения донных отложений нецелесо-

образен из-за того, что большая доля радионуклидов в отложениях ассоциирована с топливными частицами и недоступна для гидробионтов. Накопление ^{90}Sr в мышечной ткани разных видов рыб, обитающих в одном и том же водоеме, в десятки раз ниже, чем ^{137}Cs . Следует отметить, что несмотря на различия в абсолютных значениях содержания ^{137}Cs в мышцах особей карася, выловленных в оз. Персток и Борщевском затоплении, величины K_n имеют сходные значения (456 и 419 соответственно) и не имеют достоверных различий. Сравнение интенсивности накопления ^{90}Sr в мышцах карасей из обоих водоемов показало, что у особей, обитающих в Борщевском затоплении, этот процесс идет гораздо активнее. Так, величины K_n ^{90}Sr у карасей составили для оз. Персток и Борщевского затопления 5,2 и 13,3 соответственно.

На основании проведенных исследований установлено, что наибольшей концентрацией ^{137}Cs характеризуется вода и биота естественного пойменного озера Персток. В целом донные отложения оз. Персток довольно сильно загрязнены ^{90}Sr , несмотря на одинаковую плотность радиоактивного загрязнения территорий водосбора обследуемых водоемов. Постепенные процессы заболачивания, что наблюдается в отношении Борщевского затопления, вызывают повышение количества гуминовых и фульвокислот, в результате происходит снижение pH среды. В этих условиях вероятно усиление десорбции радионуклидов и переход их в растворенное состояние. Оценка интенсивности поверхностного смыва радионуклидов с водосборных территорий показала, что относительное поступление ^{137}Cs и ^{90}Sr в озеро Персток выше значений, полученных для Борщевского затопления. В первую очередь этой опасности подвержены небольшие по площади водоемы. Наиболее интенсивным является смыв ^{90}Sr . Однако дополнительное поступление ^{137}Cs и ^{90}Sr в водоем не приведет к существенному вторичному загрязнению водоемов этими радионуклидами, поскольку скорость снижения концентрации за счет физического распада выше их темпов поступления в водные экосистемы.

Список литературы:

1. Garcia-Sanchez L., Konoplev A., Bulgakov A. Radionuclide entrainment coefficients by wash-off derived from plot experiments near Chernobyl/ L.Garcia-Sanchez, A.Konoplev, A.Bulgakov // Radioprotection, Suppl.1 – 2005. – Vol. 40. – P.519-524.
2. Smith J., Voitsekhovich O. V., Konoplev A. V., Kudelsky A. V. Radioactivity in aquatic system/ J.Smith, O.V.Voitsekhovich, A.V.Konoplev, A.V.Kudelsky / Chernobyl catastrophe and consequences (Eds. Jim Smith and N. Beresford). Springer. – 2005.– P. 139–190.

THE DISTRIBUTION OF ^{137}Cs , ^{90}Sr IN AQUATIC ECOSYSTEMS OF CHERNOBYL NPP EXCLUSION ZONE

R.A. Nenashev¹, V.L. Borisenko¹, A.A. Balenok¹, A.N. Chudinov¹, M.A. Shabaleva²

¹*Polesye State Radiation-Ecological Reserve, Khoyniki, 247618, Belarus,*

e-mail: rm@tut.by

²*Gomel State Medicinal University, Gomel, 246000, Belarus*

Abstract

Analysis of ^{137}Cs , ^{90}Sr distribution between aquatic ecosystems components of two enclosed waterbodies in Chernobyl NPP exclusion zone was carry out. The content of ^{137}Cs , ^{90}Sr in watershed soil, sediments, surface waters and fish muscle was determined. The quantitative evaluation of the radionuclides runoff from the watershed into waterbodies was estimated.

ПОТЕНЦИАЛ И РИСКИ РАЗВИТИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В АРКТИЧЕСКОМ РЕГИОНЕ

Л.В. Нефедова¹, М.О. Моргунова², Д.А. Соловьев²

¹*Московский Государственный Университет имени М.В. Ломоносова,
г. Москва, 119991, Россия, e-mail: nefludmila@mail.ru*

²*Объединённый институт высоких температур РАН,
г. Москва, 125412, Россия, e-mail: maymorgunova@mail.ru*

В соответствии с Госпрограммой «Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации» для обеспечения экологической и энергетической безопасности в регионе в качестве одного из основополагающих элементов необходимо развитие энергетической инфраструктуры [1]. Наиболее эффективным вариантом является не только модернизация действующих электростанций и энергоустановок, но и разработка комплексной схемы с использованием всех возможных энергетических ресурсов. При неравномерно заселенных территориях российской Арктики, наличии большого числа локальных потребителей наиболее перспективным вариантом электро- и энергоснабжения является развитие распределенной энергетики, в том числе с использованием возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Фактически именно этот вариант и был использован в советский период освоения данных территорий. Однако, уровень технологического развития того времени не позволял максимально использовать доступный потенциал ВИЭ. С начала XX века в городах и крупных поселках Советской Арктики энергоснабжение обеспечивалось ТЭС на угле, а на удаленных территориях – с помощью распределенной энергетики на базе дизель-генераторов. Такой тип энергообеспечения приводил к значительному негативному воздействию на окружающую среду: загрязнение атмосферного воздуха вследствие эмиссии парниковых газов, золы, а также территорий – порожней тарой (бочками) от доставленного дизельного топлива. Вывоз тары, или ее утилизация, не производились, что привело к значительным экологическим проблемам практически по всему побережью Северного Ледовитого океана и других арктических территорий. И сейчас в рамках северного завоза ежегодно поставляется до 6-8 млн. т горюче-смазочных материалов и до 20-25 млн. т угля, а доля транспортной составляющей в стоимости топлива достигает 70% [2].

При высоком потенциале ветроэнергетических ресурсов и значительных территориях со среднегодовыми значениями скоростей ветра в 6-8 м/с в Арктическом регионе, использование данного ресурса сопряжено с очень большими рисками, обусловленными частыми ураганными порывами ветра, снежными бурями и заносами, угрозой обледенения лопастей [3]. Валовый потенциал ветра распределен по территории АЗРФ крайне неравномерно, наибольшими удельными показателями обладает побережье Северного Ледовитого океана. Более высокие значения потенциала ветроэнергоресурсов характерны для Восточной части АЗРФ (Красноярский край и Чукотский АО) [4]. Среднегодовое дневное поступление энергии прямого солнечного излучения в Арктике варьируется от 2 до 5 кВт·ч/(м²день). Этот энергетический потенциал солнечной энергии существенен и пригоден для практического использования. В ясные летние дни во многих районах Арктики поступление солнечной энергии на неподвижные ориентированные на юг приемные поверхности с оптимальным углом наклона к горизонту могут достигать 6 - 8 кВт·ч/м², что соизмеримо с поступлениями энергии солнечного излучения в южных районах страны [5].

В мировой практике накоплен значительный опыт использования ВИЭ в арктических условиях (преимущественно в США на Аляске) [6]. В Российской Арктике уже работают фотоэлектрические установки и несколько ВЭС мощностью до 50 кВт для обеспечения изолированных потребителей (маяки, ретрансляторы, ООПТ и пр.), ВЭС в п. Лабытнангах 250 МВт. С 2018г. успешно работает ВЭС в п.Тикси 900 МВт [7]. Отдаленность и труднодоступность населенных пунктов в АЗРФ, неразвитая инфраструктура, сложная логистика ведут к серьезному удорожанию топлива для дизельных станций. Установка в отдаленных энергоучастках объектов ВИЭ приводит к сокращению затрат, что позволяет снижать затраты на энергоснабжение при создании дублирующих мощностей на ВИЭ.

Пространственно-временная неравномерность потоков гелио- и ветроэнергоресурсов, экстремальные климатические условия, опасности проседания грунтов при процессах солифлюкции и термокарста вследствие расположения энергоустановок в зоне вечной мерзлоты [8] и другие осложняющие факторы приводят к ряду рисков в использовании ВИЭ в АЗРФ. Авторами был проведен анализ положительных и отрицательных факторов использования ВИЭ (ветро- и гелиоэнергоресурсов) в Арктическом регионе (табл.1).

На основании проведенного анализа авторами был составлен реестр основных видов рисков, важных для развития использования ВИЭ в АЗРФ:

- регулировочные риски изменения мер стимулирования использования ВИЭ, тарифного и экологического регулирования; регулирования в области безопасности; специфические налоговые риски;
- валютные риски, связанные с валютной нестабильностью, неблагоприятно влияют на стоимость инвестиций и возникают, когда есть валютное несоответствие активов и обязательств при долговом финансировании;
- рыночные риски изменения стоимости капитала, недополучения прибыли, изменение цен на топливо, конъюнктуры рынка;
- инвестиционные риски, определяемые недостаточной проработкой предлагаемого проекта на ВИЭ, несостоятельностью по обоснованию инвестиционной привлекательности проекта;
- ресурсные риски, связанные с высокой пространственно-временной изменчивостью энергопотенциала ресурсов ветра и солнца в Арктической зоне и неопределенностью их доступности;
- природные риски, связанные с возможностью проявления опасных природных явлений в арктическом регионе (ураганов, снегопадов, снежных заносов, явлений солифлюкции, термокарста);
- экологические риски воздействия объектов ВИЭ на уязвимую природу Арктики при штатной работе и в аварийных ситуациях;
- технологические риски, вызываемые неверным выбором технологического оборудования для особых природных условий Арктики, нарушением технологических процессов, нерегулярной профилактикой и ремонтом оборудования, потерями в результате сбоев и поломок;
- операционные риски, связанные с недостаточностью и отклонениями систем контроля, а также риски, связаны с ошибками персонала.

Рассматривая виды рисков проектирования и создания энергообъектов распределенной энергетики на ВИЭ в АЗРФ, необходимо, по-видимому, выделить различные фазы в данном процессе. Основные стадии инвестиционного проекта таких энергообъектов следующие: 1) прединвестиционная фаза; 2) инвестиционная фаза и 3) эксплуатационный период. Соответственно в первые две фазы основную опасность, требующую основательных оценок, оставляют инвестиционные, регулировочные и валютные риски, а в третий период – ресурсные, природные, технические и технологические риски. При этом финансовые затраты на страхование рисков будут

максимальны на инвестиционной фазе, в третьем периоде они возрастают по мере эксплуатации энергообъекта с каждым годом.

Таблица 1

SWOT – анализ перспектив развития возобновляемой энергетики в АЗРФ.

	Положительные	Отрицательные
Внутренние факторы	<p><i>Сильные стороны:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Высокий потенциал ветроэнергетических ресурсов - Значимый потенциал гелиоресурсов в летний период - Наличие данных ветромониторинга в ряде перспективных площадок - Возможность создания ЭС разной мощности в т.ч. по модулям (блокам) - Возможность изучения опыта действующих ВЭУ и гелиоустановок в Арктическом регионе 	<p><i>Слабые стороны</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Непостоянство получения энергии (неравномерность энергопотенциала во времени и пространстве) - Значительные периоды простоя оборудования (без выработки электроэнергии). Низкий коэффициент использования мощности солнечных установок - Отсутствие отечественных технологических установок на ВИЭ для условий Арктики на промышленном уровне - Сложность и высокая стоимость доставки оборудования
Внешние факторы	<p><i>Возможности</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Производство электроэнергии в требуемых объемах в удаленных зонах децентрализованного энергоснабжения - Значительное снижение эмиссии парниковых газов и нагрузки на уязвимую природу Арктики - Государственная поддержка по Программе «Арктика» - Широкие возможности для международного сотрудничества - Наличие обширных свободных площадей - Экономическая эффективность комбинированных энергоустановок 	<p><i>Угрозы</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Природно-климатические: ураганные ветра, снежные бури и заносы, криогенная деструкция подземных конструкций. - Технические препятствия: сложности строительства (вечная мерзлота), отсутствие дорог - высокая конкуренция других типов энергоисточников - Нефиксированный тариф на электроэнергию - Несовершенство законодательной базы (отсутствие механизма стимулирования объектов ВИЭ малой мощности) - Непрозрачная разрешительная система, бюрократические препятствия

Принятый в традиционной энергетике принцип планирования развития энергообъектов на основе оптимизации выбора комплекса оборудования по критерию минимальной стоимости энергии не может быть в полной мере применен для арктических территорий. Это обусловлено тем, что более широкое освоение ВИЭ в АЗРФ требует разработки энергоустановок, адаптированных к экстремальным условиям Арктики. Для арктических территорий необходимо разрабатывать многофакторные модели, включающие все возможные типы энергообъектов – с параметрами минимальных рисков выдачи гарантированной мощности и минимальных экологических рисков, как в штатном режиме комплекса, так и при аварийных ситуациях, учитывая при этом и стоимостной фактор [2]. Расширение использования возобновляемых источников может в значительной мере способствовать повышению и энергетической безопасности (обеспечение электроэнергией отдаленных потребителей), и экологической безопасности (производство электроэнергии без эмиссии парниковых газов и

других продуктов сгорания углеродного топлива). При этом соответствие принципам обеспечения энергетической безопасности требует при использовании ВИЭ в Арктическом регионе неперемного наличия дублирующих энергоустановок (дизель-генераторов современного типа, газотурбинных установок) и систем накопителей энергии.

При формировании системы распределенной энергетики в АЗРФ представляется целесообразным создание локальных сетей (MicroGrid) в местах компактного расселения и отдельных установок на углеводородном топливе или ВИЭ (с дублированием дизель или газо-генераторными установками) для изолированных потребителей. Такие интеллектуальные локальные сети направлены на сокращение выбросов и улучшение гарантированного качества электроэнергии, что достигается путем поддержания постоянного напряжения и сокращения резких перепадов напряжения в сети. Системы MicroGrid в кризисные ситуации способны взять на себя задачу удовлетворения спроса потребителей. Системы MicroGrid используют распределенную генерацию и могут стать частью будущих систем SmartGrid [9]. Использование MicroGrid как одного из элементов цифровой трансформации энергетики обеспечит следующие преимущества: минимизация эксплуатации дизель-генераторов, экономия топлива, снижение выбросов CO₂, стабилизация сети с колебаниями мощности, продление срока жизни аккумуляторных батарей.

На современном уровне технологического развития расширение использования оборудования на ВИЭ станет эффективным средством решения многих локальных энергетических задач, и в том числе основной задачи - устойчивого развития энергетической инфраструктуры АЗРФ. При этом важно обеспечить глубокую предварительную проработку вопросов природных и ресурсных рисков на основании имеющегося зарубежного и отечественного опыта использования установок на ветро-и гелиоэнергоресурсах в Арктическом регионе.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта 19-08-00945\19.

Список литературы:

1. Постановление Правительства РФ от 31 августа 2017 года №1064. Новая редакция госпрограммы «Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации»
2. Нефедова Л. В., Соловьев А. А. Новые вызовы и риски на пути развития распределенной энергогенерации в Арктическом регионе России // Энергетическая политика. – 2018. – № 4. – С. 99–108.
3. Елистратов В.В. Проблемы и решения создания эффективных систем энергообеспечения потребителей Заполярья с использованием инновационных технологий ВИЭ – Москва: ООО “Системный консалтинг”, 2017. – 41 с.
4. ГИС «Возобновляемые источники энергии России» [Электронный ресурс]. URL: <http://gisre.ru/maps/wind-data/vp/vp50> (дата обращения: 26.04.2019).
5. Использование возобновляемых источников энергии для энергообеспечения потребителей в Арктической зоне Российской Федерации / О. С. Попель, С. В. Киселева, М. О. Моргунова и др. // Арктика: экология и экономика. – 2015. – № 1(17). – С. 64–69.
6. Renewable Energy Atlas of Alaska - REAP, 2016 [Электронный ресурс]. URL: <http://alaskarenewableenergy.org/wp-content/uploads/2016/07/RenewableEnergy-Atlas-of-Alaska-2016April.pdf> (дата обращения: 29.04.2019).
7. Ветроэлектростанция в Тикси продемонстрировала эффективную работу в условиях арктической зимы [Электронный ресурс]. URL: <http://www.rushydro.ru/press/news/107791.html> (дата обращения: 26.04.2019)
8. Anisimov O., Reneva S. Permafrost and changing climate: the Russian perspective // AMBIO: A Journal of the Human Environment. 2006 Jun;35(4), pp.169-175.

9. Morgunova M.O., Solovyev D.A. Challenges to overcome: energy supply for remote consumers in the Russian Arctic // J. Phys. Conf. Ser. 2017. T. 891. № 1. S. 1–6.

**POTENTIAL AND RISKS OF RENEWABLE ENERGY DEVELOPMENT
FOR THE ENERGY AND ECOLOGICAL SAFETY IMPROVING
IN THE ARCTIC REGION**

L.V. Nefedova¹, M.O. Morgunova², D.A. Solovyev²

*¹Lomonosov Moscow State University, Moscow, 119991, Russia,
e-mail: nefludmila@mail.ru*

*²Joint Institute for High Temperatures of the Russian Academy of Sciences,
Moscow, 125412, Russia, e-mail: maymorgunova@mail.ru*

Abstract

The analysis of the possibilities and problems of the renewable energy development in the Arctic zone of Russia is carried out. A register of the main possible risks has been compiled. Based on the SWOT analysis of the external and internal factors of this process, the importance of natural and resource factors as the most limiting the development has been highlighted.

СОСТОЯНИЕ НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЙ БАЗЫ В СФЕРЕ УПРАВЛЕНИЯ РАДИОАКТИВНЫМИ ОТХОДАМИ

А.Ф. Нечаев, В.В. Прояев

*Санкт-Петербургский государственный технологический институт,
Санкт-Петербург, 190013, Россия, e-mail: afnechaev@yandex.ru*

В целом, созданная к настоящему времени нормативно-правовая платформа управления радиоактивными отходами (РАО) содержит в себе практически все элементы, необходимые для организации работ в этой важной области ядерной технологии. Она неплохо гармонизирована с зарубежными аналогами, не противоречит международным рекомендациям и устойчиво эволюционирует – конкретизируется и расширяется.

Следует учитывать, однако, что неукоснительность и единообразие правоприменения регулирующих документов во многом зависит от качества их подготовки. Наличие неопределенностей, допускающих полисемию в толковании отдельных положений и контрольных показателей, способно спровоцировать непредумышленные нарушения требований регулирования и возникновение конфликтных (или коррупционных) отношений между «регулятором» и эксплуатирующей организацией. Ошибочное толкование точного смысла нормы по причине неясности, неоднозначности или противоречивости ее содержания может стать поводом для добросовестного заблуждения или инструментом сознательной дезинформации общественности в конъюнктурных, политических и иных целях.

В «Основах государственной политики» [1] решение проблем РАО отнесено к разряду «приоритетных задач социально-экономического развития и обеспечения национальной безопасности страны». Поэтому безупречность содержания, стиля и формы нормативно-правовых актов в этой сфере имеет особое значение.

С учетом вышеизложенного в настоящей работе предпринят логико-семантический анализ документов, регулирующих деятельность в области обращения с РАО. Ввиду ограниченности объема публикации приведены лишь некоторые наиболее показательные примеры ненадлежащего качества нормативных актов и недоброкачественной практики их правоприменения.

О качестве нормативной платформы. Поскольку в физическом смысле любой земной объект является радиоактивным, одной из важнейших задач нормативно-правового регулирования является обоснование и закрепление на государственном уровне такого значения удельной активности отходов (материалов, изделий), ниже которого последние не подлежат радиационному контролю, то есть признаются «нерадиоактивными».

Количественные критерии отнесения отходов к радиоактивным и абсолютизированные границы между различными категориями РАО зафиксированы в федеральном законе [2] и в полутора десятках подзаконных актов. Эти документы по определению не должны содержать допущений, предположений, смысловых неопределенностей и полисемии в отношении нормируемых показателей.

Предельные значения удельной активности радионуклидов в отходах для отнесения их к радиоактивным отходам зафиксированы в ОСПОРБ-99/2010 [3], СПОРО-2002 [4] и Постановлении Правительства РФ [5]. Для техногенных радионуклидов в твердых отходах эти показатели варьируются от 10 Бк/г (^{54}Mn , ^{60}Co , ^{137}Cs и др.) до 10^6 Бк/г (^3H , ^{37}Ar). При невозможности определения радионуклидного состава твердые отходы относятся к радиоактивным, если их удельная активность превышает 1 Бк/г для альфа-излучающих радионуклидов и 100 Бк/г – для бета-излучателей [5].

Таким образом вопрос, казалось бы, решен вполне конкретно и однозначно. Однако, в 2010 г. впервые в российской практике вводится категория «очень низкоактивные отходы (ОНАО)», к которым относят «не предназначенные для дальнейшего использования материалы, изделия, оборудование и грунты, удельная активность которых не допускает освобождения их от радиационного контроля, **но меньше активности твердых радиоактивных отходов (?)**»[6].

Очевидно, однако, что «очень низкоактивные отходы» активны исключительно и только потому, что они **радиоактивны**. Никакого другого смысла в понятие «очень низкоактивные» не вкладывается. Поэтому указание на то, что отходы относятся к ОНАО в том случае, если их удельная активность «**меньше активности твердых радиоактивных отходов**» [6] – это терминологический нонсенс. Еще более странно в этом контексте выглядит категория «очень низкоактивных *радиоактивных (?)* отходов» (ОНРАО) [4,5], для которых верхний предел удельной активности совпадает с нижней границей НАО (10^3 Бк/г для β -эмиттеров) и на порядок превышает соответствующее значение $A_{уд}$ для ОНАО (100Бк/г) [3-5]. И, наконец, вовсе дезориентирующим является определение, зафиксированное в [4], согласно которому «твердые радиоактивные отходы, содержащие природные радионуклиды (ПРН), относятся к **очень низкоактивным отходам**». Но если отходы объединены в «очень низкоактивные» по единственному признаку – наличию ПРН, вне зависимости от удельной активности этих радионуклидов, то само понятие «очень низкоактивные» не имеет физического смысла. Между тем, удельная активность таких отходов может превышать 10^4 Бк/г (твердые отложения на внутренних поверхностях насосно-компрессорных труб), а мощность эквивалентной дозы – 100 мкЗв/час. Таким образом, сопоставление данных, зафиксированных в разных нормативных актах, демонстрирует драматическую несогласованность количественных показателей и качественных индикаторов ОНАО (Таблица 1).

Таблица 1

Нормативно закрепленные индикаторы характеристики очень низкоактивных отходов

Признаки отнесения отходов к ОНАО	Нормируемые показатели в соответствии с документами		
	СП 2572-2010	ОСПОРБ-99/2010 СПОРО-2002	ПП №1069
по мощности дозы	0,1-1,0 мкЗв/ч	1,0-30 мкЗв/ч	
по удельной активности бета-излучателей, Бк/г	до 100	до 1000	до 1000
по природе отходов	промышленные отходы АЭС, содержащие техногенные радионуклиды	твердые отходы, содержащие техногенные и природные радионуклиды	твердые и/или отвержденные отходы 4-го класса за исключением отходов, содержащих природные радионуклиды

Не секрет, что единственной целью введенной категории ОНАО была легитимизация снижения требований к «вечной» изоляции этих отходов для сокращения затрат на их захоронение. Эти ожидания в значительной мере были перечеркнуты Постановлением Правительства РФ [5], согласно которому к ОНАО применяются те же тарифы на захоронение, что и к низкоактивным отходам. Более того, отнесение НАО

и ОНАО к одному классу удаляемых радиоактивных отходов, подлежащих захоронению в лицензированных «пунктах приповерхностного захоронения, размещаемых на одном уровне с поверхностью земли» [5], по существу исключает возможность захоронения ОНАО «на специально выделенных участках захоронения промышленных («не радиоактивных - прим. авторов) отходов» [6].

Таким образом, ведение категории ОНАО создает неприемлемый для нормативного регулирования хаос в понятийно-терминологическом аппарате, не гарантируя при этом достижения конечной цели – упрощения требований к радиационной защите при захоронении отходов.

В этой ситуации вполне актуален вопрос - а какой смысл вкладывается в понятие «предельное значение удельной активности радионуклидов в отходах для отнесения их к радиоактивным» [3], если отходы с удельной активностью радионуклидов ниже значений, зафиксированных в приложении 5 к [3], (ОНАО) также признаются радиоактивными [5].

Можно догадываться, что в основу принятого «регулятором» похода положена не очень внятная концепция МАГАТЭ относительно изъятия (exemption) и исключения (exclusion) радиоактивных отходов из-под регулирующего контроля (см., например, [10]). Но требования и показатели государственных нормативов должны быть сформулированы так, чтобы полностью исключить любые догадки и допущения и для тех, кто призван использовать их, и для тех, кто обязан контролировать их исполнение. Это аксиома. А значит, сложившаяся ситуация требует решительных и безотлагательных изменений.

О практике правоприменения. Глубинное захоронение жидких радиоактивных отходов (ГЗ ЖРО) осуществляется на территории России с 1963 г. К настоящему времени под землю закачено более 60 млн.т ЖРО. Неоспоримым преимуществом этой технологии является ее экономичность. Тарифы на ГЗ ЖРО в ~ 100 раз ниже тарифов на захоронение, отверженных низко- и очень низкоактивных отходов 4-ого класса. Если же учесть затраты на подготовку РАО 4-го класса к захоронению, то стоимость подземной закачки окажется в 1000-1500 раз ниже.

До начала 1990-х годов процесс ГЗ ЖРО законодательно не регулировался. В 1992 г. был принят закон «О недрах» [7], в котором зафиксировано, что *«правопользование недрами для целей захоронения РАО в глубоких горизонтах, обеспечивающих локализацию таких отходов, возникает на основании решения Правительства РФ»*. Через 3 года вышел в свет «Водный кодекс РФ» [8], согласно которому (п.5, Ст.56) *«захоронение в водных объектах (пластах-коллекторах водоносных горизонтов – прим. авторов) ядерных материалов, радиоактивных веществ запрещается»*. Позже это положение было нормативно закреплено в [4] (п.5.5).

Несмотря на законодательный запрет [8], ГЗ ЖРО было продолжено и, более того – поддержано пакетом подзаконных актов: «Методическими указаниями по лицензированию пользования недрами для целей, не связанных с добычей полезных ископаемых» (утв. Приказом Минприроды РФ 22.06.1998); «Положением о рассмотрении заявок на получение права пользования недрами для целей захоронения РАО в глубоких горизонтах, обеспечивающих локализацию таких отходов (утв. Постановлениями Правительства РФ от 22.04.2009, 15.06.2009, 22.10.2014, 19.04.2016) и др.

Строго говоря, критических противоречий между [7] и [8] не существует, поскольку в [7] «законодатель» сознательно отказался от решения вопроса о правомочности глубинного захоронения ЖРО, делегировав соответствующие полномочия Правительству РФ. Правовая коллизия состоит в том, что Постановление Правительства и другие подзаконные акты, регулирующие подземную закачку отходов, противоречат требованиям документа высшей юридической силы – закону [8].

Этот факт не остался незамеченным. Вопрос о легитимности ГЗ ЖРО неоднократно обсуждался на ядерно-технологических и экологических форумах. Предпринимались попытки запретить подземную закачку ЖРО в судебном порядке. Причем, после того, как иск об отзыве лицензии на ГЗ ЖРО в Северске был отклонен в судах первой и второй инстанций, Верховный Суд РФ опротестовал эти решения, ссылаясь, в том числе, на Водный кодекс РФ [8] (см. Определение судебной коллегии по гражданским делам ВС РФ №88-ГОО-01 от 14.03.2000 г.).

Тем не менее, глубинное захоронение жидких отходов продолжается. Закрепленное законом [2] положение о том, что подземная закачка ЖРО может осуществляться только на уже существующих полигонах и только до исчерпания их проектной емкости разрешением юридических противоречий не является. Скорее, это демонстрация принципа разумной предосторожности при наличии не исключенных сомнений в возможности ГЗ ЖРО обеспечить гарантии долговременной радиологической безопасности биосферы. Несоответствие подзаконных актов требованию закона [3] является серьезным нарушением иерархичности нормативно-правовых документов и тревожным прецедентом в практике государственного регулирования использования атомной энергии.

Заключительные комментарии. Перечень актуальных задач по совершенствованию нормативно-правовой базы в сфере РАО не исчерпывается вышеизложенным.

Отметим, к примеру, (см., также, [9]), что для того, чтобы охватить весь спектр используемых дефиниций РАО и определить граничные условия применения этих дефиниций, сегодня необходимо обратиться к текстам двух законов, трех нормативов федерального уровня, указа Президента РФ, постановления Правительства России и двух ведомственных документов. Это недвусмысленно указывает на недостаток системности и координации при подготовке регулирующих актов.

Показатели, используемые в целях учета и контроля РАО, не полностью соответствуют критериям приемлемости радиоактивных отходов для захоронения. Это, если и не препятствует реализации одного из фундаментальных принципов обращения с РАО, то, без сомнения, делает этот процесс более сложным и трудозатратным.

Большое (более 100) количество индикативных показателей РАО, в принципе, может быть оправдано требованиями безопасности, технологии и экономики. Следует учитывать, однако, что чем большим количеством параметров характеризуется система, тем более сложен процесс принятия решений и тем ниже степень надежности этих решений.

Таким образом, существует ряд объективных предпосылок для безотлагательной ревизии нормативно-правовой базы регулирования деятельности в такой «чувствительной» сфере экономики, как обращение с РАО. Формальным, но эффективным драйвером этого процесса могла бы стать недавно принятая Правительством РФ концепция «регуляторной гильотины».

Список литературы:

1. «Основы государственной политики в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности Российской Федерации» Утверждены Президентом РФ 01.03.2012, N Пр-539.
2. Федеральный закон РФ «Об обращении с радиоактивными отходами и о внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ» N190-ФЗ от 11.07.2011.
3. СП 2.6.1. 2612-10 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010)». В редакции Изменений №1, утвержденных Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ №43 от 16.03.2013.
4. СП 2.6.6. 1168-02 «Санитарные правила обращения с радиоактивными отходами (СПОРО-2002)» В редакции Изменений №2, утвержденных Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ №43 от 16.03.2013.

5. «О критериях отнесения твердых, жидких и газообразных отходов к радиоактивным отходам, критериях отнесения радиоактивных отходов к особым радиоактивным отходам и к удаляемым радиоактивным отходам и критериях классификации удаляемых радиоактивных отходов». Постановление Правительства РФ №1069 от 19.10.2012.
6. СП 2.6.6. 2572-2010 «Обеспечение радиационной безопасности при обращении с промышленными отходами атомных станций, содержащими техногенные радионуклиды». Утверждены Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ №4 от 18.01.2010.
7. Федеральный закон РФ «О недрах» N2395-1 от 21.02.1992 (в ред. от 03.08.2018)
8. «Водный кодекс РФ», 167-ФЗ от 16.11.1995 (в ред. от 27.07.2011).
9. Нечаев А.Ф. Состояние и особенности российской системы категорирования радиоактивных отходов: справочно-методическое пособие / А.Ф. Нечаев, В.Т. Поцяпун, Т.Н. Таиров. - Санкт-Петербург: Изд-во СПбГТИ (ТУ), 2015. - 49 с.
10. Глоссарий МАГАТЭ по вопросам безопасности. Терминология, используемая в области ядерной безопасности и радиационной защиты. Вена: МАГАТЭ, 2007. – 295 с.

STATUS OF LEGAL AND NORMATIVE PLATFORME IN RADWASTE MANAGEMENT AREA

A.F. Nechaev, V.V. Projaev

*St. Petersburg State Institute of Technology (Technical University),
St. Petersburg, 190013 Russia, e-mail: afnechaev@yandex.ru*

Abstract

Sensitive analysis of regulatory documents and law enforcement practice has shown that Russian legal framework in the field of radwaste management requires revision and perfection. This conclusion is illustrated by the dramatic inconsistency of quantitative criteria and qualitative indicators presented in various legal acts (using an example of very low active waste) and by the poor practice of regulation of liquid radwaste underground disposal. Formal but effective driver for revision of legal framework could be the concept of “regulatory guillotine” recently accepted by the government of Russian Federation.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВРЕЖДАЕМОСТИ ДНК КЛЕТОК РАЗЛИЧНЫХ ТКАНЕЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ РАДИОЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА МЕТОДОМ «ДНК-КОМЕТ»

Е.А. Никанорова, К.Ю. Иванов, В.И. Нагиба, И.А. Варганова, Я.И. Медведев
ФГУП «Российский Федеральный ядерный центр - Всероссийский НИИ
экспериментальной физики», г.Саров, Нижегородская обл., Россия,
e-mail: gane@orb2.vniief.ru

Введение. В последние десятилетия электромагнитные излучения (ЭМИ) радиочастотного диапазона стали ведущим техногенным фактором окружающей среды. С глобальным развитием сотовой связи постоянное действие ЭМИ сопровождается локальным воздействием на головной мозг. При этом в настоящее время отсутствует единая точка зрения относительно связи использования мобильного телефона с развитием опухолей мозга [1].

Известно, что основным событием, приводящим к злокачественному перерождению клетки, является образование повреждений ДНК [2]. Однако, опубликованные к настоящему времени сведения о способности ЭМИ радиочастотного диапазона вызывать повреждения ДНК носят противоречивый характер [3].

В настоящее время для количественной оценки повреждений ДНК в клетках различных тканей часто используют метод «ДНК-комет». Метод применим в системах *in vivo* и *in vitro*, что определяет его возможности при исследовании собственных генотоксических свойств изучаемого фактора и его способности модифицировать действие других генотоксических факторов [4-6]. УФ-излучение применяется в молекулярно-генетических исследованиях для индукции повреждений ДНК и оценки эффективности их репарации [7].

Целью данной работы являлось исследование уровня спонтанных и УФ-индуцированных повреждений ДНК в клетках различных тканей после действия модулированного ЭМИ частотой 1000 МГц.

Материалы и методы исследования. Эксперименты проведены *in vivo* на 52 белых беспородных крыс-самцов массой 180-220 граммов, находившихся в условиях стандартного содержания и кормления.

В ходе исследования были сформированы экспериментальные и контрольные группы для оценки повреждений ДНК в клетках крови (по 16 животных в группе) и в клетках головного мозга (по 10 животных в группе).

Животных экспериментальных групп подвергали двукратному 30-минутному действию импульсно-модулированного ЭМИ частотой 1000 МГц. Плотность потока энергии во время воздействия не превышала 85 мкВт/см². Контролем служили животные, которых по аналогичной схеме помещали в рабочую зону выключенного генератора ЭМИ. Во время воздействия животные находились в контейнере из оргстекла без фиксации.

По окончании воздействия у животных из подъязычной вены в пластиковые пробирки с гепаринатом лития в конечной концентрации 50 Ед/мл забирали образцы крови. Гомогенизированные суспензии клеток головного мозга получали согласно рекомендациям, представленным в [8].

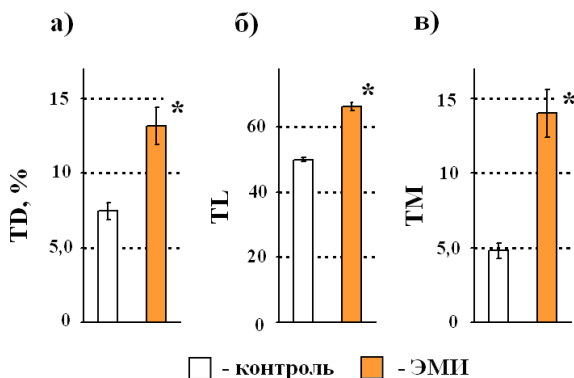
Уровень повреждений ДНК оценивали с помощью щелочной версии метода «ДНК-комет». Приготовление микрогелевых препаратов, лизис клеток и электрофорез проводили в соответствии со стандартным протоколом метода «ДНК-комет» [4]. Для анализа изображения использовали специально разработанный программно-

аппаратный комплекс [6]. Критериями оценки повреждаемости ДНК являлись содержание ДНК в «хвосте кометы» (TD, %), длина «хвоста кометы» (TL) и величина «хвостового момента» (TM).

Дополнительно микрогелевые препараты клеток крови и клеток головного мозга подвергали тестирующему воздействию УФ-излучения лампы «Philips» (Голландия) с длиной волны 254 нм и мощностью дозы 60 Дж/см².

Статистическую обработку экспериментальных данных проводили общепринятыми методами с использованием возможностей «Microsoft Excel» [9].

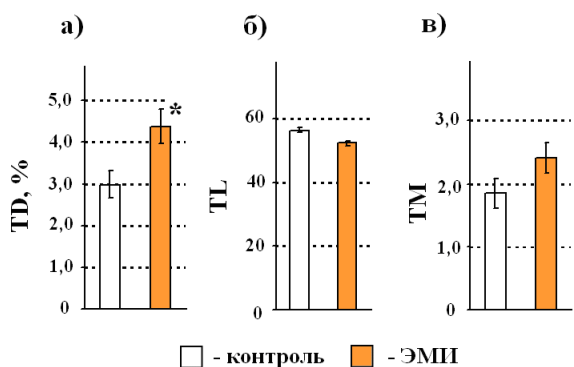
Результаты и их обсуждение. Результаты оценки уровня спонтанных повреждений ДНК в клетках крови и головного мозга у животных контрольных и экспериментальных групп представлены на рис. 1 и 2.



* - статистически значимое отличие от среднего значения в контроле; $p \leq 0,05$

Рис. 1. Уровень повреждений ДНК в клетках крови животных, подвергавшихся действию ЭМИ: а) по содержанию ДНК в «хвосте кометы» (TD, %); б) по длине «хвоста кометы» (TL); в) по величине «хвостового момента» (TM)

Действие ЭМИ приводило к увеличению повреждаемости ДНК клеток крови: в экспериментальной группе уровень повреждений ДНК по всем показателям метода «ДНК-комет» оказался достоверно выше по сравнению с контролем ($p \leq 0,05$).

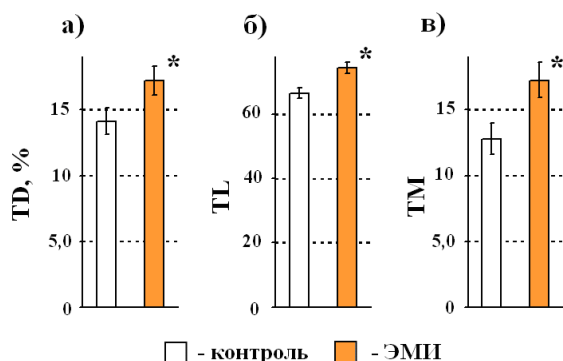


* - статистически значимое отличие от среднего значения в контроле; $p \leq 0,05$

Рис. 2. Уровень повреждений ДНК в клетках головного мозга животных, подвергавшихся действию ЭМИ: а) по содержанию ДНК в «хвосте кометы» (TD, %); б) по длине «хвоста кометы» (TL); в) по величине «хвостового момента» (TM)

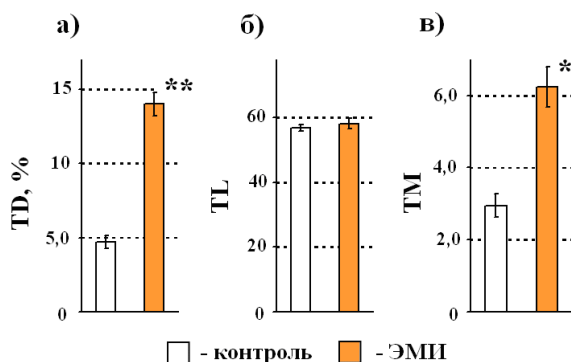
Электромагнитное излучение вызывало повреждение ДНК клеток головного мозга: в экспериментальной группе уровень повреждений, оцененный по содержанию ДНК в «хвосте кометы», был достоверно выше, чем в контрольной ($p \leq 0,05$). Полученные данные согласуются с опубликованными результатами исследований, в которых с помощью метода «ДНК-комет» выявлены генотоксические свойства ЭМИ радиочастотного диапазона [3, 8].

Результаты анализа уровня индуцированных тестирующим УФ-излучением повреждений ДНК клеток крови и головного мозга животных продемонстрированы на рис. 3 и 4.



* - статистически значимое отличие от среднего значения в контроле; $p \leq 0,05$

Рис. 3. Уровень УФ-индуцированных повреждений ДНК клеток крови животных, подвергавшихся действию ЭМИ: а) по содержанию ДНК в «хвосте кометы» (TD, %); б) по длине «хвоста кометы» (TL); в) по величине «хвостового момента» (TM)



* - статистически значимое отличие от среднего значения в контроле; $p \leq 0,01$

** - статистически значимое отличие от среднего значения в контроле; $p \leq 0,01$

Рис. 4. Уровень УФ-индуцированных повреждений ДНК клеток головного мозга животных, подвергавшихся действию ЭМИ: а) по содержанию ДНК в «хвосте кометы» (TD, %); б) по длине «хвоста кометы» (TL); в) по величине «хвостового момента» (TM)

Установлено, что в обеих экспериментальных группах уровень УФ-индуцированных повреждений ДНК значимо превышал соответствующие контрольные значения по всем показателям метода ($p \leq 0,05$), за исключением показателя TL для клеток головного мозга. Полученные результаты подтверждают данные других исследователей, которые методом «ДНК-комет» выявили способность ЭМИ радиочастотного диапазона усиливать генотоксическое действие ионизирующего излучения и химических мутагенов [10, 11].

Заключение. Электромагнитное излучение радиочастотного диапазона с выбранными параметрами способно вызывать в эксперименте значимые повреждения ДНК клеток крови и клеток головного мозга.

Предварительное действие ЭМИ увеличивает последующую повреждаемость ДНК нагрузочным фактором – УФ-излучением.

Результаты проведенного исследования должны быть учтены при гигиеническом нормировании воздействий радиочастотного ЭМИ.

Список литературы:

1. Григорьев Ю.Г. Мобильная связь и электромагнитная опасность для населения – современная оценка риска и прогноз на ближайшую перспективу / Ю.Г. Григорьев. / Радиационная биология. Радиоэкология. – 2018. – Т.58. – №5. – С.548-549.

2. Михайлов В.Ф. Некоторые аспекты канцерогенеза, связанные с генетическими и эпигенетическими факторами / В.Ф. Михайлов [и др.] // Успехи современной биологии. – 2018. – Т.138. – №5. – С.427-445.
3. Никанорова Е.А. Возможности метода ДНК-комет при анализе генотоксических эффектов низкоинтенсивного магнитного поля / Е.А. Никанорова [и др.] // В сб. статей по материалам научно-практической конф. «Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность-2018». – Севастополь: СевГУ, 2018. – С.885-888.
4. Singh P.N. A simple technique for quantification of low levels of DNA damage in individual cell / P.N.Singh [e.a.] // Exp. Cell Res. – 1998. – V. 175. – No.1 – P.184-191.
5. Филиппов Э.В. Использование метода «ДНК-комет» для детекции и оценки степени повреждений ДНК клеток организмов растений, животных и человека, вызванных факторами окружающей среды (обзор) / Э.В. Филиппов. // Наука и образование. – 2014. – №2. – С.72-78.
6. Попова Г.М. Программно-аппаратный комплекс оценки индивидуальной радиочувствительности онкологических больных по методу «комет» / Г.М Попова [и др.] // Альманах клинической медицины. – 2008. – №17(1). – С. 368-370.
7. Никанорова Е.А. Изучение репаративного синтеза ДНК в лимфоцитах профессионалов-атомщиков / Е.А. Никанорова [и др.] // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2002. – Т.42. – №6. – С.759-764.
8. Kesari K.K. Mutagenic response of 2.45GHz radiation exposure on rat brain / K.K. Kesari, J. Behari, S. Kumar. // Int. J. Radiat. Biol. -2010.-V.86. -N.4. -P.334–343.
9. Шеламова, М.А. Статистический анализ медико-биологических данных с использованием программы Excel: учеб.-метод. пособие / М. А. Шеламова, Н. И. Инсарова, В. Г. Лещенко. – Минск: БГМУ, 2010. –96 с.
10. Baohong W. Studying the synergistic damage effects induced by 1.8 GHz radiofrequency field radiation (RFR) with four chemical mutagens on human lymphocyte DNA using comet assay in vitro / W. Baohong [e.a.] // Mutat Res. -2005. –V.578. – P.149-157.
11. Jiang B. Adaptive response in mice exposed to 900 MHz radiofrequency fields: primary DNA damage / B. Jiang [e.a.] // PLoS One. -2012. -7. -e3204.

THE “COMET ASSAY” STUDY OF DNA DAMAGE IN CELLS OF DIFFERENT TISSUES UNDER RADIO FREQUENCY ELECTROMAGNETIC IRRADIATION

E.A. Nikanorova, K.Yu. Ivanov, V.I. Nagiba, I.A. Varganova, Ya.I. Medvedev
*FSUE “Russian Federal Nuclear Center - All-Russian Scientific Research Institute of Experimental Physics”, Sarov, Nizhny Novgorod region, 607188, Russia,
e-mail: gane@orb2.vniief.ru*

Abstract

The results of comparative study of rat`s blood cells and brain cells under low-intensity 1000 MHz electromagnetic field had revealed the DNA damage induction in both kinds of cells. Assessed by “Comet assay” DNA damage was also increased under complex action of EMF and UV-irradiation.

УДК 621.311

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ АККУМУЛИРОВАНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ В «УМНОМ ГОРОДЕ»

А.В. Новых¹; И.И. Свириденко²; М.С. Капустянский³

¹Университет Ла-Лагуна, г. Сан-Кристобаль-де-ла-Лагуна, 38204, Испания, e-mail: Alexandr.novykh@gmail.com

²Севастопольский государственный университет, г. Севастополь, 299033, Россия, e-mail: i.sviridenko@mail.ru

³ТЭЦ-22, г. Санкт-Петербург, 192236, Россия, e-mail: mkapustyansky@mail.ru

Одним из ключевых элементов реализации концепции «умного города» является управление городскими сетями энергоснабжения. На примере автоматизированной системы контроля энергетических сетей Испании показана возможность реализации технологии аккумулирования тепловой энергией с использованием активных потребителей жилищного сектора для создания системы управления энергопотреблением «умного города». Система управление активными потребителями позволит сгладить колебание нагрузки в энергосетях и обеспечить плавное регулирование нагрузки в электрической сети «умного города». Кроме того, подобная технология позволит расширить возможности использования в городских условиях возобновляемых источников энергии.

Главной проблемой современных городских энергетических сетей является постоянное изменение уровня потребления энергии конечными потребителями. Созданная в Испании система автоматизированного контроля потребления электрической энергии с использованием сети Интернет дает полное представление об изменении нагрузки в режиме реального времени [1]. Анализ получаемой информации позволяет прогнозировать ожидаемые колебания нагрузки в сети и управлять процессом включения и отключения электрогенераторов. Это позволяет оптимизировать работу электрогенераторов, хоть и с большой погрешностью. Отклонение реальной нагрузки от прогноза составляет около 10–15 % (рис. 1).



Рис. 1. График реальной нагрузки в электрической сети острова El Hierro 01.05.2019

Активное же управление энергопотреблением в городах пока находится на очень низком уровне. Реализованы пока отдельные элементы такой системы. Так, например, уличное освещение в городах включается и выключается автоматически в зави-

симости от уровня естественного освещения. Освещение в местах общего пользования включается только при необходимости и выключается автоматически через несколько минут. Однако, огромное количество потребителей энергии, особенно в жилом секторе, пока не поддаются активному управлению. Они включаются и выключаются независимо от состояния сети, часто создавая для нее большие проблемы.

Цель исследования заключается в создании технологии активного управления отдельными видами конечных потребителей энергии, для повышения эффективности энергетических сетей городов и снижения потерь электроэнергии. Формирование необходимого количества «умных потребителей», которые способны аккумулировать избыток энергии, когда это необходимо и возможно, позволит перейти к активному управлению потреблением энергии в городах и оптимизировать их работу.

Основная проблема при решении подобной задачи заключается в том, что конечные потребители электрической энергии в городской энергосети являются неуправляемыми и включаются хаотически по мере необходимости. Вторая проблема – в постоянно растущем количестве небольших частных электростанций с использованием возобновляемых источников энергии, в первую очередь, солнечных электростанций. Фотоэлектрические панели стали доступными для населения, что привело к их массовому использованию в городских условиях. Однако для городских энергетических сетей такое массовое использование частных солнечных источников электроэнергии создает значительные проблемы.

В 2013 году американскими исследователями был сделан прогноз роста количества небольших частных электростанций с использованием энергии солнца и сформулировано предположение, что по мере роста количества частных солнечных электростанций одновременно будет происходить резкое падение нагрузки в сети в середине дня, а в вечернее время – резкий подъем потребности в электрической энергии. Подобные скачки нагрузки крайне негативно сказываются на эффективности работы электрических сетей. Со временем данный прогноз полностью подтвердился. В 2016 году был зафиксирован резкий подъем нагрузки в сети более чем в 2 раза: с 12 ГВт до 25 ГВт менее чем за три часа. А в 2017 году было зафиксировано падение нагрузки в сети еще ниже прогнозируемого показателя [2].

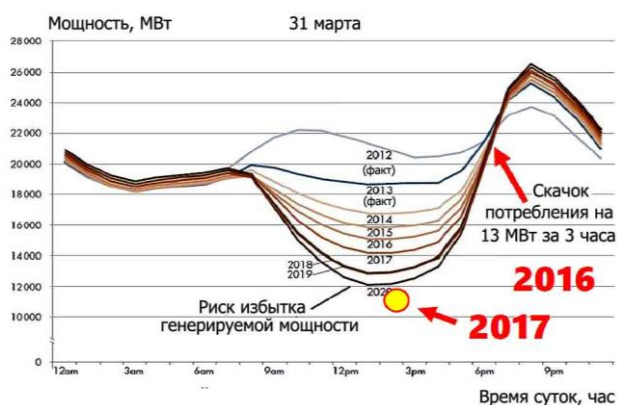


Рис. 2. График изменения нагрузки в электрической сети с учетом использования возобновляемых источников энергии

Основной вклад в колебания нагрузки в городской энергосети вносит жилищный сектор, использующий различные виды энергии. Их использование носит хаотичный характер, и управление процессом потребления энергии в этом секторе пока остается на самом низком уровне. На рис. 3 представлены статистические данные по потреблению электроэнергии в жилищном секторе Канарских островов [3]. Здесь можно выделить четыре группы бытовых потребителей: кондиционирование воздуха, нагрев воды, отопление и холодильное оборудование, которые в сумме составляют

31 % от общего потребления энергии жилищного сектора. Именно эти группы потребителей представляют для нашего исследования максимальный интерес.

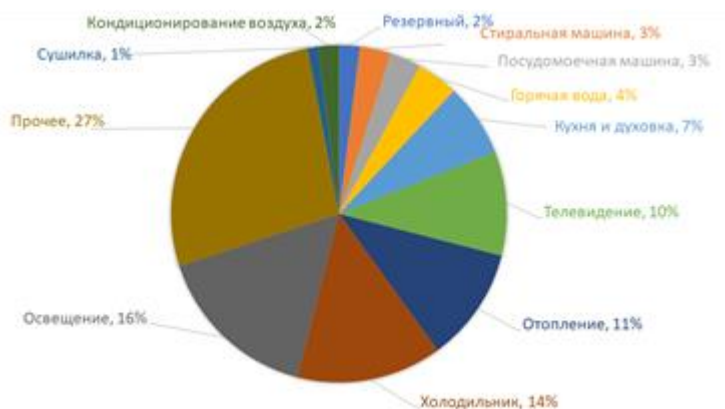


Рис. 3. Потребители электрической энергии в жилищном секторе Канарских островов

Решить проблему выравнивания нагрузки в городской энергосети позволяет метод аккумулирования энергии. В настоящее время практически все мировые научные центры энергетического сектора ведут интенсивные работы по созданию различных устройств аккумулирования энергии. Для этого рассматриваются самые разнообразные технологии. Однако достаточно эффективных и дешевых устройств аккумулирования энергии пока не создано. Подавляющее большинство реализованных проектов использует технологию гидроаккумулирования (Pumped Hydroelectric Storage – PHS), на втором месте – технология аккумулирования с использованием сжатого воздуха (Compressed Air Energy Storage – CAES) (рис. 4) [4].

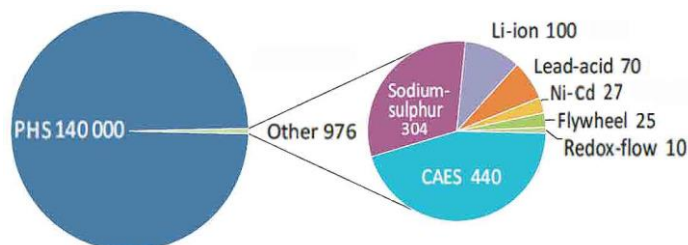


Рис. 4. Распределение использования технологий аккумулирования энергии в энергосистемах

К сожалению, эти технологии являются дорогостоящими и применяются только для аккумулирования энергии, полученной из возобновляемых источников. Возможны два принципиально разных сценария использования технологии аккумулирования энергии. Первый сценарий предусматривает аккумулирование энергии на централизованных узлах, которые работают в комплексе с крупными генераторами электроэнергии. Однако при этом решается только одна задача – оптимизация работы самих электрогенераторов. Но и такое решение – уже большой шаг вперед, хотя при этом колебания нагрузки в электрической сети остаются прежними.

Во втором сценарии аккумуляторами энергии оснащаются все потребители электроэнергии. Только так можно перейти к активному управлению потреблением энергии и оптимизировать всю энергетическую систему города в целом. При этом для аккумулирования энергии могут применяться самые различные технологии.

Пока развитие этого направления осуществляется по первому сценарию. Во многих странах идет активное строительство крупных аккумулирующих электростанций с использованием самых различных технологий. Второй сценарий еще не получил широкой реализации из-за высокой стоимости аккумуляторных батарей.

Идеальным же вариантом является параллельное развитие обоих сценариев, когда технологии аккумулирования будут применяться на всех уровнях энергетических систем. Только в этом случае можно добиться высоких показателей энергетической эффективности и максимального использования возобновляемых источников энергии.

Идеальная энергетическая сеть «умного города» может быть создана, если все основные потребители будут оснащены аккумуляторами электрической энергии с управлением от единой автоматизированной системы. Энергетическая сеть «умного города», управляемая такой единой автоматизированной системой через Интернет, будет поочередно подзаряжать аккумуляторные батареи в соответствии с графиком и по мере необходимости. Реализация подобного проекта позволит создать идеальную энергетическую сеть «умного города» с максимальными параметрами эффективности и с максимальным использованием возобновляемых источников энергии. Технически реализовать подобный проект можно уже сегодня, но пока это экономически нецелесообразно. К сожалению, имеющиеся сегодня на рынке аккумуляторные батареи имеют слишком высокую стоимость. Кроме этого, при каждом цикле заряда–разряда аккумуляторной батареи потери энергии будут составлять 5–10 %.

Однако, существует целый ряд бытовых и промышленных потребителей, которые способны аккумулировать тепловую энергию без существенных затрат и потерь. К таким потребителям можно отнести практически все холодильные машины, кондиционеры, нагреватели воды и отопительное оборудование. Подобное оборудование используется во всех домах, квартирах, магазинах и офисах. Все эти потребители при незначительных доработках могут накапливать тепловую энергию или холод.

Например, электропотребление современного бытового холодильника составляет от 0,5 до 1 кВт·ч в день. В каждом городе постоянно эксплуатируется сотни тысяч подобных холодильников с суммарным электропотреблением не менее 14 % от общего электропотребления в жилом секторе города. Если каждый холодильник оснастить небольшим аккумулятором холода, занимающим не более 5–10 % его внутреннего объема, то холодильник может поддерживать требуемую температуру в течение нескольких часов без потребления электроэнергии. Для реализации подобного проекта потребуется всего три элемента: аккумулятор холода (представлен на рынке в большом ассортименте и имеет сравнительно низкую стоимость), таймер или датчик температуры для контроля за уровнем зарядки аккумулятора холода и «умная розетка», которая подключается к сети Интернет. Суммарные затраты на дооборудование одного холодильника составят от 20 до 100 Евро в зависимости от степени автоматизации. Большая часть указанных затрат составит стоимость «умной розетки», которая может одновременно обслуживать несколько умных потребителей. При этом изменения конструкции самого холодильного агрегата не потребуются.

Функционирование автоматизированной системы будет происходить следующим образом. В случае перегрузки в сети «умного города» автоматизированная система управления дает команду на отключение всех умных потребителей от сети или какой-то ее группы, которые уже имеют заряженные аккумуляторы холода. Тем самым нагрузка в сети будет снижена. После полной разрядки аккумулятора холода умный потребитель включится автоматически по команде таймера или датчика температуры. Обратный процесс реализуется автоматически: в случае избытка электрической энергии в сети или при генерации электроэнергии от возобновляемого источника холодильный агрегат включится, и будет работать до тех пор, пока аккумулятор холода снова полностью не зарядится. Аналогичным образом могут быть дооборудованы кондиционеры, нагреватели воды и прочие нагревательные бытовые приборы. Отличие будет заключаться только в рабочей температуре накопителя холода или тепловой энергии.

С экономической точки зрения реализация подобного проекта позволит получить значительный экономический эффект. Так, например, 100 тысяч холодильных агрегатов, дооборудованных аккумуляторами холода, позволят накапливать минимум 50 МВт·ч электрической энергии в день. При этом суммарные затраты не превысят 5–10 миллионов Евро. Строительство же гидроаккумулирующей электростанции аналогичной мощности обойдется в 5–7 раз дороже. Причем, накопители тепловой энергии или холода с фазовым переходом своего рабочего тела, обеспечат неограниченное количество циклов зарядки и разрядки без потерь энергии. Таким образом, они могут работать достаточно длительное время и весьма эффективно.

Реализация подобной технологии позволит повысить эффективность энергетических сетей «умных городов». Активное управление умными потребителями позволит сгладить колебание нагрузки в энергетических сетях и обеспечить плавное регулирование нагрузки в электрической сети «умных городов». Кроме того, это позволит расширить возможности использования в городских условиях возобновляемых источников энергии.

Список литературы:

1. El Hierro – Seguimiento de la Demanda de Energía Eléctrica [Электронный ресурс] – Demanda de Energía Eléctrica. – 2019. Режим доступа: https://demanda.ree.es/visiona/canarias/el_hierro/total/.
2. Price, H. The Future of CSP: Dispatchable Solar Power [Электронный ресурс] – Solar Dynamics LLC. – 2018. Режим доступа: https://www.ises.org/sites/default/files/webinars/Webinar_2018_01_Price.pdf.
3. Anuario Energético de Canarias 2015. Consejería de Economía, Industria, Comercio y Conocimiento [Электронный ресурс] – Gobierno de Canarias. Este documento se encuentra disponible en la siguiente dirección. – 2015. Режим доступа: <http://www.gobiernodecanarias.org/energia/>.
4. VTT Webinars – Technology insights with an impact. Strategic insights on electrical and mechanical energy storage [Электронный ресурс] – VTT Technical Research Centre of Finland Ltd. Este documento se encuentra disponible en la siguiente dirección – 2017. Режим доступа: http://www.vttresearch.com/Documents/events/VTT_Webinar_NOV22_2017_Electrical_Mechanical_Energy_Storage_FINAL_PRESENTATION.pdf.

APPLICATION OF ACCUMULATING HEAT ENERGY TECHNOLOGY IN «SMART CITY»

O.V. Novykh¹; I.I. Sviridenko², M.S. Kapustyansky³

¹*University of La Laguna, San Cristobal de La Laguna, 38204, Spain,
e-mail: alexandr.novykh@gmail.com*

²*Sevastopol State University, Sevastopol, 299033, Russia,
e-mail: wsverdlov@yahoo.com, i.sviridenko@mail.ru*

³*TEC-22, St. Petersburg, 192236, Russia, e-mail: mkapustyansky@mail.ru*

Abstract

One of the key elements of the implementation of the “smart city” concept is the management of urban power supply networks. Using the example of the automated control system of energy networks in Spain, the possibility of implementing heat energy storage technology using active consumers in the residential sector to create a system for managing the energy consumption of a “smart city” is shown. The system of management of active consumers will allow smoothing the load fluctuations in the power grids and ensure smooth control of the load in the electrical network of the “smart city”. In addition, this technology will expand the possibilities of using renewable energy sources in urban environments.

ОПТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ВИБРАЦИИ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

В.А. Нурзай; Ю.М. Быковский; А.А. Халина

*Севастопольский государственный университет, Севастополь, 299017, Россия,
e-mail: Mengsk777@yandex.ru*

Оптические методы измерения вибрации находят широкое применение как в лабораторных исследованиях, неразрушающем контроле, так и в производственной деятельности. В данном исследовании кратко рассмотрены патенты на изобретения и полезные модели, наиболее близкие к разрабатываемой нами оптической системе контроля вибрации. Данный обзор включает в себя русскоязычные патенты последних лет в области лазерного и безлазерного контроля, и в целом отражает современное состояние дел в области оптического измерения вибрации. По каждому рассмотренному патенту даны комментарии касательно ограничивающих факторов, технических сложностей и выделены положительные стороны.

На основе данного обзора предложена концепция системы экспресс анализа вибросостояния оборудования на производстве, рассмотрены её составные части и условия функционирования.

Введение. Довольно остро стоит вопрос раннего определения вибрационных параметров в условиях производства в реальном времени. Многие агрегаты, опоры и технологические конструкции, подвергающиеся постоянному воздействию вибрации, находятся в квазиустойчивом состоянии резонанса вынужденных или свободных колебаний, что является нормальным состоянием и должно быть неизменным на протяжении всей эксплуатации. Любое изменение в характере колебаний (частота и/или амплитуда) может быть свидетельством выхода из строя какой-либо движущейся детали, механизма и соответственно требовать скорейшего прекращения работы и устранения неисправностей. В связи с тем, что поле возможных вариаций вибрирующих объектов довольно велико, среди них могут быть и практически невесомые миниатюрные объекты, и тяжелые массивные конструкции, система измерения вибрационных параметров должна быть максимально универсальной. В связи с различием в расположении вибрирующих конструкций в условиях реального производственного помещения, предпочтительно, чтобы система была бесконтактной и оптической, что лишает необходимости устанавливать контактные датчики, монтировать множественные линии связи и потом решать проблемы по устранению помех каждого конкретного датчика. Оптическая система, работающая в условиях цеха, осуществляющая измерения в реальном времени, к большому сожалению, может лишь ограниченно использовать лазерное излучение, в связи с вредным его воздействием на органы зрения рабочего персонала [1]. Также из-за возможных больших расстояний от датчика до контролируемой поверхности, точность измерений снижается. Поэтому, при разработке данной системы следует учитывать факт, что она способна производить быстрые замеры параметров с определенной невысокой точностью. Назовем такое измерение экспресс-анализом вибрационного состояния. После выявления оптической системой изменений в вибрационном состоянии некоего технологического объекта должны производиться соответствующие действия по принятию мер к устранению угрозы аварийной ситуации.

Научная задача – разработать оптическую бесконтактную систему экспресс-анализа вибрационного состояния, без использования лазеров, на основе существующих моделей и новейших разработок в области оптических измерений вибрации.

Обзор современных решений в области оптических измерений параметров вибрации. Интересным представляется патент [2] «Устройство для дистанционного измерения вибрационных параметров объекта».

Под вибрационными параметрами в данном случае понимается виброскорость, виброперемещение, виброускорение и производные от них величины.

Согласно формуле: устройство для дистанционного измерения включает в себя диффузно-рассеивающий объект измерения, цифровое фотоприемное устройство с телескопическим объективом, электронно-вычислительный блок, источник когерентного излучения и виброизолированное основание, дополнительно указано, что ось телескопа установлена перпендикулярно поверхности измеряемого объекта.

Вообще применение лазерного излучения на производстве нежелательно, из-за вредного его влияния на зрение, тем более для проведения постоянного контроля.

Также маловероятным является факт ортогонального направления оптической оси камеры к плоскости объекта, ведь реальные вибрирующие объекты обычно обладают не только плоскими поверхностями.

Данное лазерное устройство включает в себя много оптических элементов, что, несомненно, вносит сложности в процесс измерения. В целом, чем больше отдельных элементов и блоков включает в себя система, тем сложнее адаптировать её, под условия реального производства. В частности, в данном устройстве при яркой освещенности объекта естественным или искусственным некогерентным излучением для увеличения контрастности получаемой спекл-картины на оптической оси прибора до фотоприёмного устройства необходима установка узкополосного фильтра, пропускающего излучение с длиной волны используемого когерентного излучения. Также к ограничениям применения данного устройства можно отнести тот факт, что весь объект в поле зрения камеры должен быть освещен однородно, перемещение спеклового изображения объекта за одну экспозицию воспринимающей камеры не должно превышать $1/3$ её поля зрения и при этом перемещение изображения должно быть намного меньше размера спекла. Таким образом, речь идет об очень малых амплитудах перемещения и небольшой виброскорости. Метод подразумевает получение изображения интенсивности освещенности вибрирующей поверхности в виде спекл-структур, при помощи камеры матричного типа с фиксированной частотой съемки. Авторами использовалась цифровая ФПЗС-камера с размером кадра $492*288$, работающая на частоте 200 кадров в секунду. Полученный видеоряд передается в электронно-вычислительный блок по wi-fi модулю для устранения паразитных помех в линии связи. Далее определяются величины перемещений спекл-структур в двух взаимно перпендикулярных направлениях, например методом поиска максимума кросс-корреляционной функции соседних кадров [3].

В ходе проведения экспериментов авторам удалось зафиксировать частоты колебаний от 5 до 60 Гц при виброскорости порядка 10 мм/с. Измерение велось с расстояния в 8 метров при длительности экспозиции кадра 500 мкс, частоте съемки 200 кадров в секунду и времени съемки до 35 секунд. При этом наблюдалось явное увеличение погрешности в измерении виброскорости с ростом частоты вибрации. Минимальные же зафиксированные амплитуды виброперемещений составили 130 мкм на расстоянии 60-80 метров и 3-5 нм на расстоянии 15 метров.

Как и во всех оптических методах измерения, с использованием лазера, опыт показал хорошую точность. Однако, малые измеряемые частоты и виброскорости существенно ограничивают применение разработанного метода в условиях реального производства, что делает его более пригодным для лабораторных измерений.

Рассмотрим патент [4] «Способ индикации механических резонансов по фотографиям следов флуоресцирующих маркеров».

Согласно формуле изобретения: оно заключается в том, что на объект, тестируемый на вибрационном стенде, наносятся метки в виде маркеров, флуоресцирующих

при ультрафиолетовом освещении, они освещаются дополнительной лампой, со спектром излучения в области ближнего ультрафиолетового диапазона. Процесс вибрации фиксируется на видео. Затем по следам размытия маркеров говорят о параметрах вибрации, в частности резонансах. Новизна заключается именно в применении особых маркеров и специализированной подсветки. Указанный технический результат заключается в повышении надежности индикации механических резонансов объектов и расширении области применения способа вибрационной диагностики с использованием оптических средств. По существу, зная, соответствующую определенному времени и кадру видеоряда частоту, задаваемую вибростендом, необходимо только найти кадры с максимальным размытием маркеров, что и соответствует резонансу. Автор в качестве прототипа выбрал собственную работу [5] в ней описана регистрация следов вибрационного размытия точек поверхности исследуемых объектов, блестящих при внешнем освещении, то есть слежение за контрастными границами без использования маркеров.

Так как не все поверхности обладают контрастными границами, то изобретение подразумевается, как способ индикации механических резонансов объектов с поверхностями сложной формы и любого цвета, в т.ч. блестящих, миниатюрных и/или труднодоступных, для проведения стандартных испытаний по выявлению резонансных частот конструкции в НЧ области.

В проводимых опытах использовались маркеры в виде шариков диаметром 53-63 мкм, закрепленных под скотчем. Такие тест-объекты в совокупности с креплением к поверхности не подходят для условий реального производства. Шарик, обладающий столь малыми габаритами не может быть зафиксирован оптической системой с большого расстояния, (у автора это 50-70 см в опытах при разрешении камеры 18 Мрiх), а закрепление их под прозрачный скотч довольно длительное и не представляется надежным. Однако авторами указана возможность использования вместо скотча суспензии микрошариков в прозрачном клее с последующим распределением ее по поверхности испытуемого изделия.

Метод подразумевает некоторые ограничения, указанные далее. Шарик имеет размер, как минимум в 2 раза меньший минимального размаха колебаний по заданной АЧХ при поиске резонансов. Рабочая поверхность должна быть затемнена (зашторивают окна, выключают свет) - для лучшего контраста следов маркеров и упрощения дальнейшего визуального анализа. Автор указывает, что использование УФ-подсветки большой яркости позволит уйти от требования по затенению рабочей области, однако для персонала могут потребоваться защитные очки. К методам, применяющим вредное для глаз освещение относятся лазерные, обладающие гораздо лучшими метрологическими характеристиками, что делает применение данного метода нецелесообразным в условиях производств с постоянным нахождением персонала. Все указанные ограничения определяют применимость метода в большей степени для лабораторных исследований.

Рассмотрим патент на полезную модель [6] **«Лазерный измеритель амплитуд и частот линейных и угловых виброперемещений»**.

Предложенное устройство включает в себя лазер, две телекамеры, разнесенные под углом, оптическая ось одной перпендикулярна вибрирующей плоскости, а вторая под некоторым углом, полупрозрачную пластину, закрепленную на колеблющейся поверхности, матовой стороной к вибрирующей поверхности и множество дополнительных оптических и электронных элементов. Столь сложная конструкция и само наличие лазера вносит соответствующие ограничения в применении данного устройства.

В предложенном устройстве телекамера, оптическая ось которой перпендикулярна вибрирующей поверхности, фиксирует угловые перемещения вибрирующей поверхности за счет фиксации перемещения отраженного лазерного луча по фото-

чувствительной площадке матричного фотоприемника. В условиях производства для непрерывного контроля вибрации необходима установка стационарных телекамер, фиксирующих процесс вибрации. Очевидным является тот факт, что они могут быть установлены на относительно большом удалении от объекта измерения. А чем более удалена камера от вибрирующего объекта, тем меньшие углы поворота можно детектировать. Это вносит ограничения в случае больших угловых перемещений.

Камера, расположенная под углом к вибрирующей поверхности измеряет плоско-параллельные колебания. К сожалению, не всегда имеется возможность направить на объект сразу две разнесенные камеры, потому что поверхность может быть закрыта с одной из сторон и пространство помещения зачастую ограничено.

Авторы указывают, что при наличии угловых колебаний поверхности траектория лазерного пучка в фокальной плоскости объектива будет описывать одну из фигур Лиссажу, которая при выборе частоты следования импульсов лазера кратной частоте угловых колебаний распадется на систему точек. Размах фигур Лиссажу, рассчитанный ПЭВМ по оцифрованным устройством сопряжения изображениям и даст значения амплитуд угловых виброперемещений поверхности, а количество точек, на которые разбивается фигура позволит определить частоты угловых колебаний.

Таким образом, если изначально неизвестна частота вибрации поверхности, то необходимо подобрать не только кратную частоту импульсов лазера, но и знать эту кратность. Это довольно сложная задача, при условии, что фигуры Лиссажу образуются при гармонических колебаниях, а вынужденные колебания не обязательно гармонические, что приведет к искажению формы фигур.

Авторы указывают, что при высокой частоте виброколебаний по сравнению с кадровой частотой телекамеры изображение следа будет иметь форму отрезка. Длина отрезка вместе с известным углом съемки и параметрами объектива являются исходными данными для расчета амплитуды линейных виброперемещений в направлении оптической оси падающего на поверхность лазерного пучка. Данное утверждение верно только для установившихся стационарных колебаний. Если же процесс квазистатический или динамический, то измерения необходимо проводить в соответствии с теоремой Найквиста - Шеннона (частота съемки минимум в 2 раза выше частоты вибрации) [7].

Рассмотрим патент от 2015 года «Способ бесконтактного оптического измерения параметров вибрации механизмов, конструкций и биологических объектов» [8].

Согласно формуле изобретения: формируют сигнал видеоизображения исследуемого объекта с помощью видеокамеры, производят последующую оцифровку указанного сигнала с помощью аналогово-цифрового преобразователя, обрабатывают оцифрованное видеоизображение с помощью ЭВМ, получают информацию об абсолютных параметрах вибрации точек исследуемого объекта на видеоизображении.

В качестве технического результата заявлено повышение точности измерения параметров вибраций. Данное утверждение бездоказательно, так как автор не привел минимальных фиксируемых с помощью его метода значений параметров вибрации, а повысить точность в сравнении с лазерными методами, имеющими разрешение порядка длины волны света вряд ли возможно.

Отдельно хочется отметить высказывание автора: “Известно, что ни одна реальная система не является абсолютно линейной, т.е. наличие внешней или внутренней возбуждающей силы вызывает множество ответных вибраций. Существует большое разнообразие нелинейностей, которые в той или иной степени присутствуют в любой механической системе, конструкции или биологическом объекте”. Хотя данное утверждение и не было доказано в тексте, но оно верно. Следовательно, можно утверждать, что гармонические колебания крайне редко встречаются в реальном технологическом оборудовании. И так как идеальных систем не бывает, то попереч-

ные колебания, практически всегда сопутствуют продольным, да и выставить камеру ортогонально вибрирующей поверхности практически невозможно. Следовательно, оптические системы будут фиксировать как продольные, так и поперечные колебания в плоскости визирования.

Автор заявляет, что принцип действия алгоритма замера частот основан на изменении яркости группы соседних точек (пикселей). Следует добавить, что к изменяющимся параметрам изображения также относится цвет пикселей.

Автором предложено усреднять значения определяемой частоты за одну секунду, что является важным фактором для защиты от ошибок измерения, таких как случайные вспышки яркости освещения и «артефакты» цифровых изображений. Следует дополнить эту идею введением изменяющегося интервала усреднения. Чем меньше частота колебаний, тем больший интервал усреднения необходим. Способ подразумевает не просто измерение периодических колебаний, например вычислением БПФ, а простой счет периодических изменений яркости изображений, что в целом увеличивает время измерения, но позволяет измерять нестационарные произвольные процессы.

Также при описании способа говорится о «точках контроля частоты». Однако, после проведения нами оптических экспериментов, выяснилось, что отдельные точки (в 1 пиксель) не могут служить маркерами для измерений, потому что они зашумляются на фоне выделенной области их перемещения и могут быть потеряны по множеству причин. Только относительно большие области могут служить в качестве опорных маркеров для измерения.

Также рассмотрим патент на изобретение [9] «Способ измерения вибраций».

Согласно формуле изобретения: на исследуемый объект в качестве тест-объекта наносят светоотражающие метки круглой формы. Формируют бинарные изображения этих меток и следов их вибрационного размытия. При отсутствии вибраций определяют координаты центра тяжести каждой метки, ее радиус... Метод подразумевает наличие сложных геометрических расчетов, и скорее подходит для лабораторных исследований, так как в реальном производстве метки могут загрязниться, отклеиться и стать частично невидимыми для оптической системы, тогда все произведенные расчеты будут не верными.

Авторами заявляется, что техническим результатом предлагаемого способа измерения вибраций является расширение возможностей измерения параметров вибраций исследуемого объекта за счет бесконтактного трехкоординатного измерения модулей и направлений векторов амплитуды виброперемещения нескольких выбранных точек исследуемого объекта одновременно.

Метод подразумевает нахождение только амплитуд и векторов перемещений, но не частоты. Хотя измерение и многоточечное, но точки находятся на одном объекте. Описывается, что это могут быть различные электронные элементы одной радиоэлектронной схемы. Мы же ставим более обширную задачу – определять параметры вибрации разнесенных на большие расстояния в пространстве объектов, таких как станки, опоры, технологическое оборудование.

Разработка оптической системы экспресс-анализа вибросостояния. Учитывая все перечисленные недочеты и замечания к рассмотренным патентам, при построении системы, способной выполнять функции постоянного контроля за механическими вибрационными и колебательными процессами, сформулируем её общую концепцию.

Для лучшей визуализации процессов колебаний было решено применить устройства с переменными оптическими свойствами. Такие устройства отличаются тем, что их вид, например, яркость, контрастность или цвет, изменяется при изменении угла наблюдения или освещения. Наиболее известными устройствами с цвето-

вым сдвигом являются холестерические или интерференционные пленки. Они проявляют выраженный сдвиг цвета при их поворотах и наклонах.

Разрабатываемая система представляет собой сочетание следующих элементов: цифровая видеокамера – 1, обменивающаяся сигналами управления и получаемой информацией с управляющим компьютером – 2, охватывающая своим зрением контролируруемую поверхность – 3, с нанесенными на неё голографическими метками – 4, поверхность освещена светодиодной подсветкой – 5, исключающей мерцание.

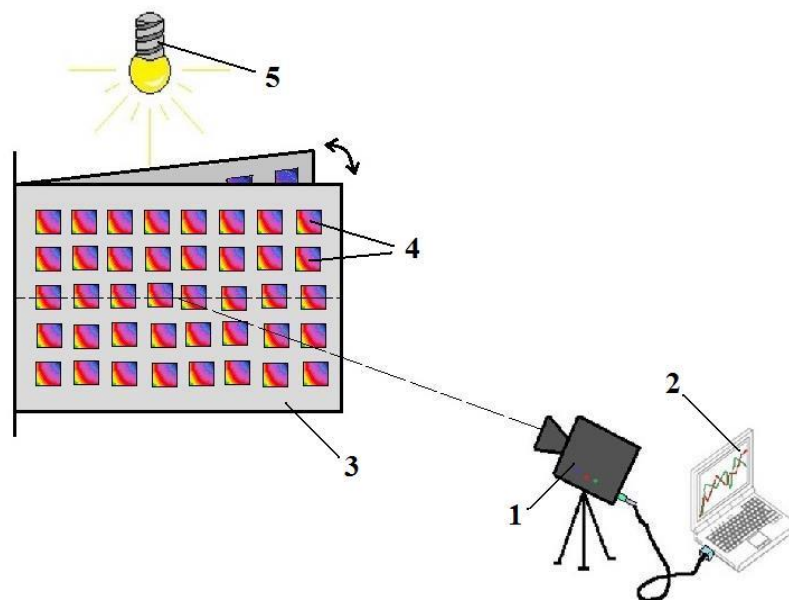


Рис.1. Фиксация угловых колебаний

Более подробно остановимся на каждом элементе системы.

Цифровая видеокамера, исходя из реальных масштабов производственных помещений, должна обладать объективом, способным четко воспринимать объекты, находящиеся на расстоянии от нескольких метров, до нескольких десятков метров. Фокусное расстояние, а возможно и оптическая ось камеры должны изменяться дистанционно, через управляющий компьютер. ПЗС-матрица должна обладать достаточной разрешающей способностью при съемке видео, однако большие объемы информации могут быть избыточны, в идеале камера должна обладать изменяющимся разрешением, в зависимости от масштабов контролируемого объекта и его отдаленности.

Управляющий компьютер выполняет функции направления камеры на определенную контролируемую поверхность, фокусировки, восприятия, сохранения и обработки видеоинформации с целью получения информации о вибрации или перемещении объектов. При помощи программного обеспечения должны также исключаться возможные ошибки, связанные с попаданием в кадр посторонних предметов [10]. Также компьютер должен выдавать предупреждающие сигналы об изменениях в параметрах вибрации либо сигналы на соответствующий останов движущихся частей, с целью предотвращения дальнейшего нарастания аварии.

Контролируемая поверхность может представлять собой плоскость или быть криволинейной (профиль станка, кожух, трубопровод, опора), таких поверхностей может быть несколько при условии, что они разнесены в пространстве на значительное расстояние, окрашены в различные цвета [11]. Может быть представлена как произвольная трехмерная вибрация, так частные виды: линейное или угловое перемещение контролируемой поверхности. Практически невозможны случаи только ортогонального перемещения поверхности по отношению к оптической оси видеокамеры.

Голографические метки представляют собой фрагменты тонкой интерференционной пленки, обладающей свойством дифракции на микроструктурах поверхностного рельефа. Способы изготовления таких пленок известны [12]. Выбор конкретного размера маркеров обусловлен расстоянием от контролируемой поверхности до камеры, также от оптических свойств объектива и разрешающей способности матрицы. Фрагменты, по большому счету, могут быть произвольной формы, для упрощения предположим, что они квадратные, размер стороны может варьироваться от долей миллиметра для близких к камере поверхностей, до нескольких сантиметров, при значительном отдалении. При освещении белым светом наблюдается эффект дисперсии, выражающийся в изменении спектра отраженного маркером света, в зависимости от углов между источником освещения, плоскостью маркера и видеокамерой.

Светодиодная подсветка может быть выполнена в двух исполнениях: в качестве верхнего общего освещения или в качестве точечной подсветки. Предпочтительнее – общее освещение, так как его наличие исключает колебания интенсивности вносимые, к примеру, лампами накаливания или люминесцентными.

В целом в условиях предприятия, система может выглядеть следующим образом (Рис.2) и состоять из ряда независимых камер, расположенных в разных углах технологического помещения, для лучшего охвата. Каждая из них охватывает одну или несколько контролируемых поверхностей, на которые нанесены голографические маркеры. Сцена освещена верхним светодиодным освещением. Информация от камер приходит на сервер, обрабатывается и полученные данные о вибрационных параметрах контролируются, для поддержания их в регламентных границах.

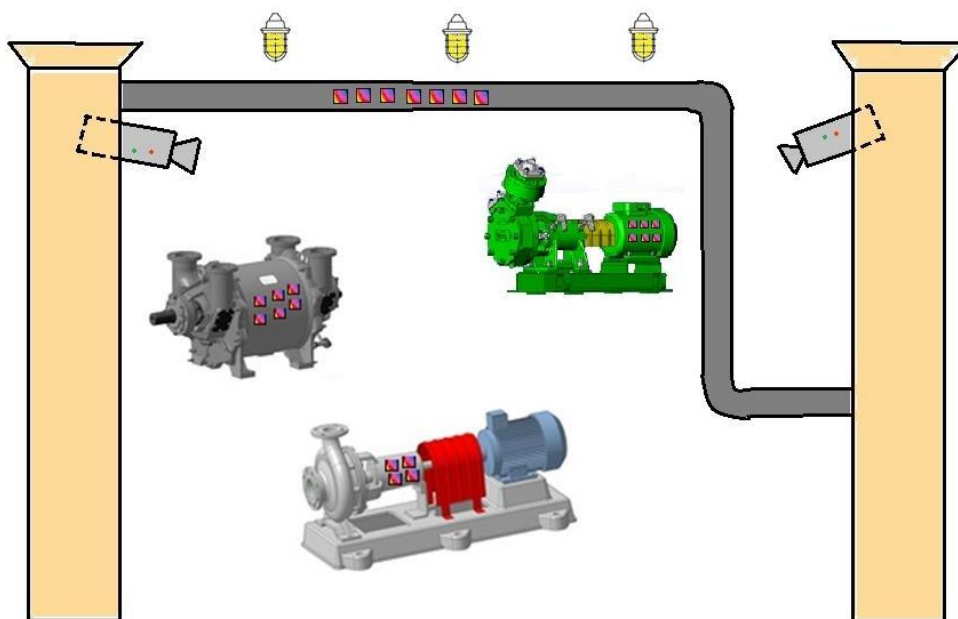


Рис. 2. Процесс измерения вибрации

Камера может фиксировать как угловые, так и плоско-параллельные колебания и перемещения, при этом не принципиально, чтобы оптическая ось видеокамеры была перпендикулярна вибрирующей поверхности. Достаточным является факт отражения света маркерами.

По мере перемещения вибрирующей плоскости относительно источника света, спектр отраженного света, приходящий в объектив видеокамеры, будет меняться, эти изменения фиксируются и при последовательном перемещении поверхности будут циклически повторяться.

В случае, когда оптическая ось камеры перпендикулярна вибрирующей плоскости, и она перемещается строго параллельно, колебания все равно будут фиксироваться, потому что угол падения света от источника освещения будет меняться.

Если угол падения света составляет строго 90 градусов к вибрирующей поверхности и она движется строго параллельно по оси падающего света, то колебания будут фиксироваться за счет случайных различных углов под которыми наклеены маркеры на поверхность. Так же визуализация перемещений может быть достигнута за счет нескольких разнесенных в пространстве источников освещения. Введение дополнительного источника освещения является прерогативным еще и с той точки зрения, что мы получаем более насыщенную визуальную картину отраженных спектров и также резервируем освещение на случай выхода из строя одного из источников.

Выводы. Поставленная научная задача - разработка бесконтактной оптической безлазерной системы экспресс-контроля вибрационного состояния была достигнута и в общих чертах представлена в данной статье. На данном этапе проведены эксперименты, доказывающие целесообразность и эффективность применения голографических тест-объектов для нахождения параметров вибрации. Дальнейшая формализация задачи представляется в нахождении предельных возможностей системы, исходя из дальности съемки и условий освещения.

Данная работа выполнена в рамках и при финансовой поддержке РФФИ и города Севастополь (проект № 18-42-920002 p_a).

Список литературы:

1. ГОСТ 31581-2012 Лазерная безопасность. Общие требования безопасности при разработке и эксплуатации лазерных изделий М.: Стандартинформ, 2013, 20с.
2. Устройство для дистанционного измерения вибрационных параметров объекта: Пат. 2447410 Рос. Федерация. МПК G01H 9/00 / В.С. Макин, Ю.И. Пестов, Л.А. Глущенко; № 2010121916/28; заявл. 21.05.2010; опубл. 11.04.2012, Бюл. № 10 – 13с.
3. Токарев М.П., Маркович Д.М., Бильский А.В. Адаптивные алгоритмы обработки изображений частиц для расчета мгновенных полей скорости // Вычислительные технологии, Т. 12, №3, 2007., С.109-131.
4. Способ индикации механических резонансов по фотографиям следов флуоресцирующих маркеров: Пат. 2666583 Рос. Федерация. МПК G01H 9/00 / А.И. Королев; № 2017137566; заявл. 26.10.2017; опубл. 20.09.2018, Бюл. №26 – 1с.
5. Королев А.И., Фотографический метод анализа трехмерных колебаний в вибродиагностике, Контроль. Диагностика, 2017, 07., С.26-32.
6. Лазерный измеритель амплитуд и частот линейных и угловых виброперемещений: Пат. 121567 Рос. Федерация. МПК G01H 9/00 / В.Н. Гришанов, Е.В. Гришанова, Ю.А. Христофорова, И.Р. Нигматулин; № 2012121018/28; заявл. 22.05.2012; опубл. 27.10.2012, Бюл. №30 – 2с.
7. Теорема Найквиста – Шеннона / Материал из Википедии / [Электронный ресурс]. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Nyquist%E2%80%93Shannon_sampling_theorem
8. Способ бесконтактного оптического измерения параметров вибрации механизмов, конструкций и биологических объектов: Пат. 2546714 Рос. Федерация. МПК G01H 9/00 / М.А. Конобеевский; № 2011132789/28; заявл. 04.08.2011; опубл. 10.04.2015, Бюл. №10 – 6с.
9. Способ измерения вибраций: Пат. 2535522 Рос. Федерация. МПК G01H 9/00 / И.И. Кочегаров и др.; № 2013128329/28; заявл. 20.06.2013; опубл. 10.12.2014, Бюл. №34 – 16с.
10. Нурзай В.А., Быковский Ю.М., Халина А.А. Поиск движения для оптической системы измерения вибрации // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика 2019, №6, стр. 09-15. DOI: 10.25791/pribor.06.2019.690

11. Нурзай В.А., Быковский Ю. М., Халина А.А. Анализ влияния цвета объекта и спектрального состава его освещения на шумы ПЗС-матрицы видеокамеры системы технического зрения // Инженерный вестник Дона, 2019, №1 URL: ivdon.ru/magazine/archive/n1y2019/5724
12. Рельефные микроструктуры поверхности, соответствующие устройства и способ их изготовления: Пат. 2540092 Рос. Федерация. МПК G02B 5/18, B42D 25/40, B42D 25/324 / М. Ибн-Эльхадж, Ж. Мартц, Х. Зайберле, В. Вернет; № 2011138073/28; заявл. 15.02.2010; опубл. 27.01.2015, Бюл. №3 – 31с.

OPTICAL SYSTEM FOR MEASURING VIBRATION PARAMETERS IN PRODUCTION

V.A. Nurzai; Yu.M. Bykovsky; A.A. Khalina

*Sevastopol State University, Sevastopol, 299017, Russian Federation,
e-mail: Mengsk777@yandex.ru.*

Abstract

Optical vibration measurement methods are widely used both in laboratory tests, non-destructive testing, and in production activities. In this study, we briefly review patents for inventions and utility models that are closest to the optical vibration measurement system that we are developing. This review includes Russian-language patents of recent years in the field of laser and laser-free control, and generally reflects the current state of affairs in the field of optical vibration measurement. For each reviewed patent, comments are made regarding the limiting factors, technical difficulties and highlighted positive aspects.

On the basis of this review, the concept of an express analysis system for the vibration state of equipment in production was proposed, its components and operating conditions were considered.

УДК 621.311.1.016

АНАЛИЗ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ С НАСОСНЫМИ СТАНЦИЯМИ

О.Ё. Нурматов

Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова
e-mail: obidjon444@mail.ru

Уравнения элементов электрической системы. Каждый элемент электрической системы описывается алгебраическими и дифференциальными уравнениями, определяющими взаимосвязь электромагнитных и электромеханических процессов, происходящих в них, и представляют собой соответствующие математические модели.

Обычно энергосистема и ее элементы при расчетах установившихся режимов и их оптимизации описываются нелинейными алгебраическими уравнениями; при анализе статической устойчивости - линейными дифференциальными и линейными алгебраическими уравнениями; при исследовании электромагнитных и электромеханических переходных процессов - нелинейными дифференциальными и нелинейными алгебраическими уравнениями.

Необходимость в упрощении используемых уравнений появляется из-за сложности математического описания процессов, и решение задач сводится к более простым математическим формулировкам. При этом нужно иметь в виду, что при использовании более простых математических моделей основным требованием является получение результатов, адекватных процессам, происходящим в реальной системе, поскольку на их основе, как правило, принимаются решения при проектировании и управлении режимами ЭЭС.

Эти уравнения имеют различную форму, в зависимости от того, какая задача решается и какие имеются начальные условия.

Как правило, соединение насосной станции с электрической сетью осуществляется по приведенным на рис. 1 схемам [1, 2, 3].

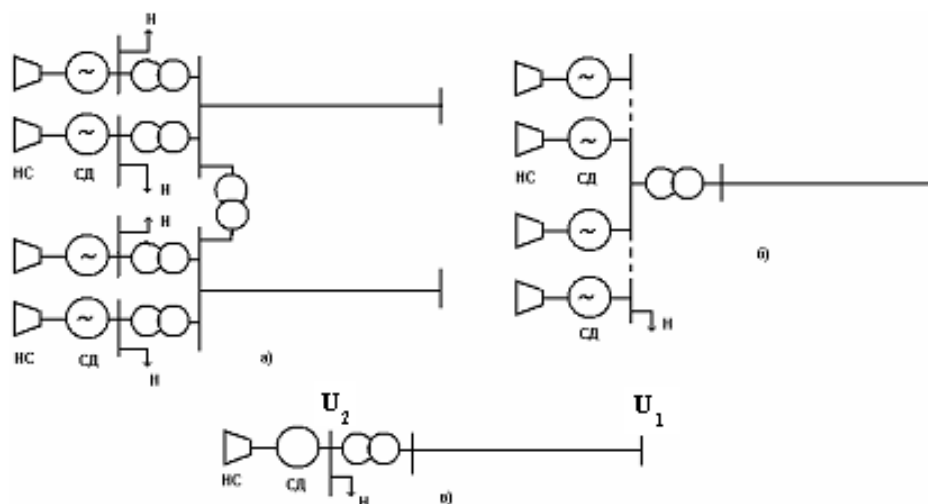


Рис. 1. Схемы электрических соединений насосных станций орошения к электрической сети
НС – насосы, СД – синхронные двигатели, Н – местная нагрузка.

Схема а) соответствует случаю, когда питание насосной станции осуществляется от двух источников напряжения и, как правило, применяется в случаях крупных станций. Схема б) характерна для многих насосных станций и удобна при эксплуатации, так как капитальные и эксплуатационные расходы меньше, чем в первом слу-

чае. Схема в) является расчетной, на основе которой проводятся необходимые расчеты. Местная нагрузка H включает, в том числе, нагрузку собственных нужд насосной станции.

Необходимо отметить, что в качестве приводов насосных станций, как правило, используются синхронный или асинхронный двигатели. Ниже рассмотрены уравнения элементов ЭЭС, на основе которых проведены расчетные исследования.

Уравнения синхронного и асинхронного двигателей. Особенность синхронных двигателей заключается в том, что в режиме перевозбуждения они сами могут вырабатывать и отдавать в сеть реактивную мощность, а в режиме недо возбуждения – потреблять её, т.е. в первом случае выдается реактивная мощность емкостного характера, во втором – индуктивного. Так как синхронные двигатели, кроме компенсации реактивной мощности, производят полезную работу, то их компенсационные способности могут меняться от максимальной на холостом ходу до нуля в режиме максимальной нагрузки. Это означает, для того чтобы увеличить выработку синхронным двигателем реактивной мощности, необходимо снизить потребление активной. Это свойство режима синхронного двигателя можно использовать для выравнивания графика активной нагрузки в часы максимальных нагрузок.

Для регулирования тока возбуждения синхронных машин используются различные типы регуляторов возбуждения (АРВ), обеспечивающих устойчивость машины при различных переходных процессах и регулирование параметров режима по заданной программе.

Оснащение синхронных двигателей автоматическими регуляторами возбуждения, позволяет изменять направление реактивной мощности, вырабатываемой машиной и, следовательно, активно участвовать машине в управлении режимами электрической системой. Таким образом, оснащение синхронных двигателей АРВ может нести двойную выгоду:

1. Участие в управлении режимами электрической системы;
2. Увеличение выработки реактивной энергии и передачу ее в сеть.

Принцип действия трехфазного синхронного двигателя основан на взаимодействии магнитных полей статора и ротора (рис. 2). На проводники статора подается переменный ток, образующий переменное вращающийся магнитное поле в крайне действующей магнитным полем ротора, которое определяет вращающий момент ротора.

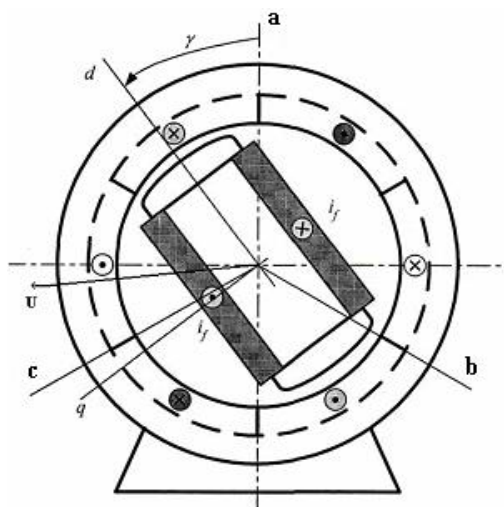


Рис. 2. Синхронный двигатель и его оси

Диаграмма вращения токов в проводниках статора вращается с такой же угловой скоростью, как и ротор. Когда двигатель работает от сети, образующийся момент заставляет ротор вращаться с угловой скоростью поля статора.

Постоянное магнитное поле ротора создается системой возбуждения. Принципиальные схемы основных систем возбуждения, приводятся на рис. 3.

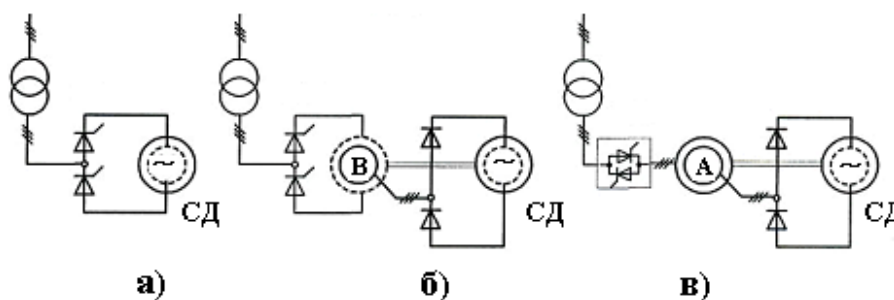


Рис. 3. Системы возбуждения СД

Наряду с этим, используют также бесщёточные системы. В этих вариантах используется возбудитель на валу СД. В варианте с синхронным возбудителем В (на рис. 3 б)) используется обращённая синхронная машина с трехфазной обмоткой на роторе и обмоткой возбуждения на статоре. Напряжение трехфазной обмотки выпрямляется выпрямителем и подводится к обмотке возбуждения СД; диодный выпрямитель размещён на роторе СД и вращается вместе с ним. Серьёзный недостаток данного варианта – при нулевой скорости СД отсутствует ЭДС возбудителя и, следовательно, невозможно обеспечить ток возбуждения СД, поэтому необходим пусковой привод небольшой мощности.

От этого недостатка свободна система с асинхронным возбудителем (на рис. 3 в). В качестве возбудителя используется асинхронная машина А. Обмотка возбуждения питается от ротора возбудителя через выпрямитель.

Взаимосвязь электромагнитных параметров и процессов, происходящих в синхронном и асинхронном двигателях наиболее полно описывается классическими уравнениями Парка-Горева.

Приведем систему уравнений элементов электрической системы использованных в данной работе. В ней уравнения машин записаны в собственных осях, а статических элементов – в системе координат, вращающейся с произвольной скоростью ω_k , с дальнейшим приведением к оси синхронной машины, выбранной в качестве ведущей. К этой же оси приводятся также уравнения других статических и динамических элементов ЭЭС. В принятой координатной системе d, q ось q опережает ось d, при этом положительные значения составляющих токов и напряжений генераторов расположены в первом квадранте. В случае сложной системы используются уравнения связей и узловых напряжений.

Рассмотрим основные элементы вывода дифференциальных уравнений Парка-Горева для синхронных машин, используемых на насосных станциях.

Для исследования переходных процессов синхронных машин необходимо иметь уравнения электрических цепей и механического движения ротора в дифференциальной форме. Для фазных обмоток статора справедливы следующие уравнения.

$$\begin{aligned} u_a &= -\frac{d\psi_a}{dt} - i_a r, \\ u_b &= -\frac{d\psi_b}{dt} - i_b r, \\ u_c &= -\frac{d\psi_c}{dt} - i_c r, \end{aligned} \quad (1)$$

где Ψ_a, Ψ_b, Ψ_c - полные потокосцепления с фазными обмотками а, в, с;

u_a, u_b, u_c и i_a, i_b, i_c – мгновенные значения фазных напряжений и токов;

r – сопротивления фазной обмотки.

Обычно считают, что потокосцепление с какой-либо фазной или другой обмоткой машины является суммой потокосцеплений, обусловленных, током каждой учтенной обмотки в отдельности и имеют вид (например, для обмотки фазы *a*):

$$\Psi_a = L_a i_a + M_{ab} i_b + M_{ac} i_c + M_{aB} + M_{1d} i_{1d} + M_{1q} i_{1q}, \quad (2)$$

где $L_a = L_0 + M \cos 2\gamma$, индуктивность фазной обмотки,

L_0 – среднее значение фазной индуктивности,

M – взаимная индуктивность между ней и другими обмотками,

γ – угол между продольной осью *d* и осью фазы *a*.

Можно написать

$$\gamma = \omega_0 t + \delta, \quad \frac{d\gamma}{dt} = \omega = \omega_0 + \frac{d\delta}{dt}, \quad \text{при } \omega_0 = 1, \quad \frac{d\gamma}{dt} = 1 + \frac{d\delta}{dt}, \quad (3)$$

где δ – угол нагрузки, определяющий устойчивость синхронного двигателя при переходных режимах (рис. 4.).

Уравнение цепи обмотки возбуждения [5]:

$$u_B = \frac{d\Psi_B}{dt} + i_B r_B, \quad (4)$$

где u_B , i_B – напряжение, приложенное к обмотке возбуждения, и, соответственно ток в ней;

Ψ_B , r_B – полное потокосцепление и сопротивление этой обмотки.

Следовательно, в синхронной машине суммарное магнитное поле создается совместным действием полей ротора и статора.

Все индуктивности, входящие в (2), в общем случае не являются постоянными величинами, а зависят от положения ротора в пространстве. Можно считать, что взаимные индуктивности между фазными обмотками статора и контурами ротора (M_{ab} , M_m и т. д.) пропорциональны первой гармонической представляемой углом между магнитной осью фазы *a* и осью *d* (рис. 4).

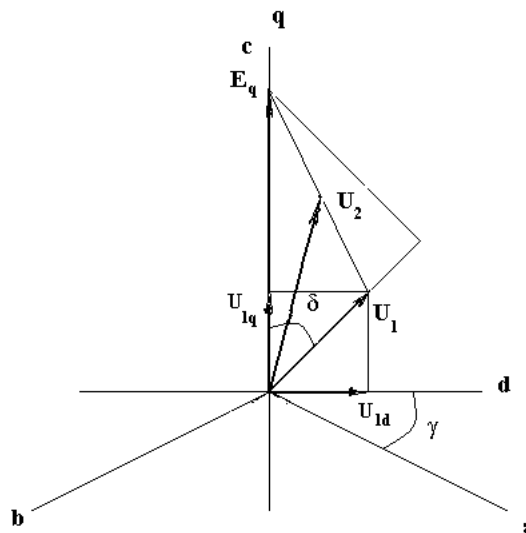


Рис. 4. Векторная диаграмма синхронного двигателя в режиме перевозбуждения: U_1 , U_2 – напряжения на шинах сети и двигателя, E_q – внутренняя э.д.с. двигателя

Индуктивности фазных обмоток и взаимные индуктивности между ними (например, L_a , M_{ab} и т. д.) остаются постоянными только для неявнополюсной машины. Для синхронных машин с явными полюсами они, кроме постоянной составляющей, содержат еще вторую гармоническую, представляемую углом γ .

Зависимость индуктивностей цепей от угла γ приводит к тому, что дифференциальные уравнения напряжения, включающие производную потокосцепления, стано-

вятся сложными: коэффициенты при токах и их производных имеют вид гармонических функций γ .

Таким образом, уравнения синхронной машины, записанные относительно реальных переменных – токов в цепях машины (в фазных координатах), представляют дифференциальные уравнения с переменными коэффициентами и потому неудобны для исследования.

Список литературы:

1. Аллаев К.Р., Хохлов В.А. Управление энергогидравлическими режимами крупных насосных станций // Вестник ТашГТУ, 2005. № 3. С. 64-70.
2. Аллаев К.Р., Хохлов А.В., Хохлов В.А. Разработка нормативов энергопотребления и энергосберегающих технологий насосов и насосных станций. /Сборник научных статей «Актуальные проблемы обеспечения интеграции науки, образования и производства», Ташкент, 2008 С. 459.
3. Аллаев К.Р., Хохлов А.В., Хохлов В.А. Теоретические основы исследования электро- и гидромеханических переходных процессов в электрических системах, содержащих насосные станции // Проблемы энерго- и ресурсосбережения. 2007-№2, С. 10-16.

ANALYSIS OF TRANSITION PROCESSES IN THE ELECTRICAL SYSTEM WITH PUMPING STATIONS

O.Y. Nurmatov

*Tashkent state technical university of a name of Islam Karimov,
e -mail: obidjon444@mail.ru*

Abstract

The conditions are given under which a synchronous motor can be represented by various models, which allow to investigate electrical and hydromechanical transients in the system under study, taking into account control devices and the time constants of the elements of the electrical system. To facilitate an understanding of the processes under study, relevant examples are given.

ЛЕСА АЛТАЯ. ДЕНДРОКЛИМАТИЧЕСКИЙ АСПЕКТ

Д.В. Овчинников¹, С.Д. Овчинников²

¹Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН,

Красноярск, 660036, Россия, e-mail: dovch@mail.ru

²Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

Лесные экосистемы Алтая весьма интересны как с точки зрения мониторинга климата в течении последних столетий, так и для косвенной оценки состояния самих лесных насаждений в целом. В данном материале кратко отражены основные направления дендрохронологических исследований применительно к лесам Алтая. Для реконструкции климата в масштабах региона широко используются годовые кольца деревьев, точнее различные параметры структуры годовых колец – ширина, максимальная плотность, толщина клеточной стенки, размер люмена и другие. Данное направление исследований называется дендроклиматология. Основные идеи и принципы организации дендроклиматического мониторинга в России были рассмотрены в публикации Е.А. Ваганова и С.Г. Шиятова ещё в 1998 году [1].

За прошедшие 20 лет в значительной мере была решена задача по созданию и расширению плотной сети дендроклиматических станций (участков). Каждый такой участок имеет точную географическую привязку, экологическое и геоботаническое описание, длительность построенной хронологии и климатический отклик. Распределение древесно-кольцевых хронологий на Алтае соответствует отклику на изменение таких климатических показателей как среднемесячные температуры и осадки. В частности, в условиях Алтая согласно реакции на климат хронологии распределяются по высотным поясам – на верхней границе леса радиальный прирост деревьев лиственницы сибирской тесно связан с температурой июня и июля. На нижней – с режимом увлажнения. В целом изменчивость прироста лиственницы в высокогорье более чем на 70% объясняется климатом, для среднегорья этот показатель составляет более 50%. Весенние температуры, за исключением температур марта для первой хронологии, отрицательно влияют на радиальный прирост. Температура июня имеет самые высокие связи с индексами хронологий ($R=0,46-0,75$). Менее значимо влияние температуры июля, но ее доля увеличивается в остаточной хронологии. Отмечается положительное влияние температур сентября прошлого года на радиальный прирост деревьев. Влияния осадков менее значимо и, как правило, носит отрицательный характер, наиболее существенная отрицательная связь фиксируется для осадков летнего периода. Таким образом, теплообеспеченность летнего сезона на верхней границе леса является необходимым условием для формирования структуры годового кольца, а недостатка влаги в условиях высокогорья лиственница, как правило, не испытывает.

Во всех хронологиях наблюдается влияние температуры июня на радиальный прирост, влияние температур июля проявляется в хронологиях для верхней границы леса. Для хронологий среднегорного пояса отмечается возрастание влияния температур августа, естественно, что во все эти месяцы влияние осадков отрицательное. Таким образом, на радиальный прирост лиственницы климатические факторы оказывают значительное воздействие и общую дисперсию индексов региональных хронологий более чем на 50% можно объяснить влиянием климата. При этом решающая роль принадлежит температурному режиму июня, месяца с максимальным потоком солнечной радиации. На нижней границе леса и в межгорных котловинах наблюдается высокая связь с режимом увлажнения в летний период. Данный факт позволяет использовать группу таких участков для реконструкции ре-

жима увлажнения за прошлые столетия. Таким образом, в параметрах структуры годичных колец лиственницы, произрастающей на Алтае, отчетливо проявляется географическая закономерность, согласованная с высотной географической поясностью.

Еще более высокую связь с климатом показывает такой показатель как максимальная плотность древесины годичных колец хвойных, которая более чувствительна к изменениям температуры по сравнению с шириной кольца (влияние только летних температур достигает 70 %). Факторами, которые ограничивают широкое применение максимальной плотности годичных колец деревьев в дендроклиматологии является сложность подготовки образцов для исследований, а также высокая стоимость аппаратного и программного обеспечения. В качестве альтернативы максимальной плотности с недавних пор используется ещё один показатель структуры годичных колец – *оптическая плотность* (интенсивность поглощения в голубом спектре) или *blue intensity (BI)*, которая основана на измерениях графических изображений древесины высокого разрешения [2].

Величина BI как и максимальная плотность зависит от количества лигнина в клеточной стенке годичных колец. Чем выше содержание лигнина, тем более высокие показатели максимальной плотности и BI наблюдаются при измерении. Ключевыми преимуществами использования BI являются низкая стоимость программного обеспечения и относительно простая подготовка проб, что делает метод доступным для большого количества исследователей во многих лабораториях. Такой метод потенциально позволяет увеличить количество региональных климатических реконструкций на основе годичных колец деревьев. Данная методика находится в стадии активного становления и совершенствования.

На Алтае исследования на основе BI находятся в самом начале, однако потенциал таких исследований весьма высок. Особый акцент направлен на достижение сопоставимого качества получаемых хронологий по оптической плотности в сравнении с максимальной плотностью. Данная задача актуальна для дендроклиматических исследований не только на Алтае, но и для других регионов планеты.

В ходе проводимых исследований, измерения материала и построения обобщенных BI-хронологий были выявлены определённые сложности, которые необходимо в перспективе преодолеть для повышения качества временных рядов. Одна из сложностей заключается в том, что лиственница в условиях высокогорного климата зачастую формирует очень тонкие годичные кольца со слабо выраженной зоной поздней древесины. Часто ширина таких годичных колец значительно меньше 0,1 мм. Соответственно, толщина клеточной стенки трахеи также невелика, что при сканировании и затем измерении изображений приводит к ошибке, связанной с нечеткими границами годичного кольца и отсутствием поздней древесины.

Другая сложность заключается в том, что наблюдаются резкие изменения ширины и цвета клеточной стенки у годичных колец отдельных деревьев особенно в зоне заболони - примыкающей к коре части годичных колец светлого цвета. Данный эффект наблюдается у хвойных повсеместно, но особенно отчетливо это выражено у древесины лиственницы – темная сердцевина и очень светлая периферия (заболонь). Содержание лигнина – это ключевой фактор необходимый для измерения оптической плотности, однако в последние 10-20 лет его количество снижено непропорционально влиянию климатических параметров. Это представляет определенную сложность при измерениях и дальнейшем статистическом анализе хронологии, особенно при возможной реконструкции климата.

На данный момент времени на Алтае наиболее широко представлены исследования, основанные на таком показателе как ширина годичных колец. Далее следуют исследования, основанные на показателе максимальной плотности. Затем исследования основанные на измерениях толщины клеточной стенки, диаметре люмена и изо-

топном составе. Новым показателем является оптическая плотность древесины годовичных колец или ВІ.

Вопрос, который естественно возникает в ходе исследований – какой из этих показателей наиболее пригоден с целью мониторинга и прогноза динамики лесных экосистем Алтая? Опыт практического применения вышеуказанных показателей показывает, что использование одних и тех же модельных деревьев как для реконструкции климата, так и для экологических и микроклиматических исследований оказывается не всегда оправданным. В частности, принципы отбора модельных деревьев для реконструкции климата значительно отличаются от выбора модельных деревьев для микроклиматических и экологических исследований. Изначально предполагалось, что массив данных по дендроклиматологии возможно использовать и для других параллельных исследований, однако практика скорректировала данный подход. Следует четко понимать какую задачу необходимо решить в ходе исследования и лишь затем выбирать подходящий материал (модельные деревья) с учетом условий их произрастания. Игнорирование данного положения может привести к искаженному пониманию исследуемых процессов. В условиях смешанного влияния на рост деревьев температуры и осадков, как это наблюдается на Алтае, этот фактор может быть весьма критичным. Совокупность показателей структуры годовичных колец даёт наиболее адекватный результат. Что же касается использования конкретно показателя оптической плотности (ВІ), то перспективность его использования очевидна. При расширении подобных исследований для разных регионов встречающиеся сложности могут быть успешно решены.

Исследование выполнено в рамках проекта РФФИ №17-05-01190 «Длительные изменения летней температуры воздуха и абляции (таяния) ледников Алтая по данным оптической плотности древесины»

Список литературы:

1. Шиятов С.Г. Методические основы организации системы дендроклиматического мониторинга в лесах азиатской части России / Шиятов С.Г., Ваганов Е.А. // Сибирский экологический журнал. – 1998. – № 1. – Т. 5. – С. 31-38.
2. McCarroll D. Blue reflectance provides a surrogate for latewood density of high-latitude tree rings / D. McCarroll, E. Pettigrew, A. Luckman, F. Guibal, J.-L. Edouard // *Arct. Antarct. Alp. Res.* - 2002. - Vol. 34. – Iss. 4. – P. 450-453.

FORESTS OF ALTAI. DENDRO CLIMATIC ASPECT

D.V. Ovchinnikov¹, S.D. Ovchinnikov²

¹ *Sukachev Institute of Forest, SB RAS, Krasnoyarsk, 660036, Russia,
e-mail: dovch@mail.ru*

² *Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia*

Abstract

This study is a short review of the dendroclimatic response of the Altai forests. Siberian larch in the Altai mountains is very sensitive to summer temperature and precipitation. Tree-ring width, maximum density and tracheids are potential climatic and ecological indicators. We discussed to use new indicator “blue intensity” (BI) in dendroclimatic researches.

**ФОРМИРОВАНИЕ КАДАСТРА ОБЪЕКТОВ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ –
ПРИОРИТЕТНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ
ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

А.А. Огуречников¹; В.Н. Экзарьян²

*Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго
Орджоникидзе (МГРИ), г. Москва, 117997, РФ,
e-mail: ¹ogurechnikov.alexander@yandex.ru, ²vnekzar@rambler.ru*

Потребление энергии является обязательным условием существования человечества. Наличие доступной для потребления энергии всегда было необходимо для удовлетворения потребностей человека, увеличения продолжительности и улучшения условий его жизни. История цивилизации – история изобретения все новых и новых методов преобразования энергии, освоения ее новых источников и в конечном итоге увеличения энергопотребления. В течение следующих 50 лет человечество будет потреблять энергии больше, чем было израсходовано за всю предыдущую историю.

С позиции экологии и охраны окружающей среды энергетика является источником загрязнения атмосферы, гидросферы и литосферы, и часто приводит к деградации и уничтожению экологических систем. Кроме того, энергоресурсы не бесконечны, и уже сейчас, пока ситуация более или менее стабильна, нужно задуматься о будущем. Огромные надежды возлагались на альтернативную энергетику, однако, как показывает практика, конечный результат далек от желаемого. Не везде климатические и географические условия позволяют использовать альтернативные технологии, да и затраты на солнечные или ветряные электростанции огромны, а количество энергии – минимально. Возможности строительства новых гидроэлектростанций тоже весьма ограничены. Не стоит забывать и о борьбе с парниковым эффектом, накладывающей ограничения на сжигание нефти, газа и угля на тепловых электростанциях. Решением проблемы может стать активное развитие ядерной энергетики. Все большее количество стран сегодня приходят к необходимости освоения мирного атома: в современном мире обозначилась тенденция, получившая название «ядерный ренессанс». По самым сдержанным прогнозам МАГАТЭ к 2030 году на планете может быть построено до 600 новых энергоблоков (сейчас их насчитывается более 450). На увеличении доли ядерной энергетики в мировом энергобалансе могут сказаться такие факторы, как приемлемый уровень затрат по сравнению с другими отраслями энергетики, сравнительно небольшой объем отходов, доступность ресурсов.

До Чернобыльской и Фукусимской катастроф атомная энергетика считалась безопасной, говорилось только о тепловом “загрязнении” воды как практически единственном экологическом последствии АЭС, которое теоретически легко устранимо. В настоящее время вопрос экологичности АЭС остается пока спорным. Эксплуатируемые АЭС природные ресурсы, используемые в качестве топлива и т.д., позволяют считать атомную энергетику, по сравнению с тепловой и гидроэнергетикой, более экологичной. Техническую оснащенность строительных и эксплуатационных организаций также можно довести до необходимого уровня. Вся сложность проблемы в научно обоснованном выборе территории размещения АЭС, создании проекта многоступенчатой защиты от всевозможных воздействий извне, а также разработка уже на стадии проекта мероприятий по ликвидации АЭС. Особняком стоит вопрос вывоза или утилизации отходов АЭС и целый ряд других не менее важных проблем, решение которых должно быть продумано до строительства АЭС.

Методология развития атомной энергетики должна исходить из обязательного учета фундаментальных принципов современной экологии:

- принципа презумпции экологической опасности любого вида деятельности;
- принципа коэволюции общества и Природы;
- принципа гомеостаза (толерантных пределов).

Исходя из указанных принципов, при выборе мест расположения объектов атомной энергетики необходимо осуществлять прогнозирование воздействий проектируемых объектов на окружающую среду, изменений природной обстановки и экологических систем, а также последствия этих изменений в краткосрочной и долгосрочной перспективе.

В РФ разработана Генеральная схема размещения объектов энергетики до 2020 года с учетом перспективы до 2030 года, в которой большое внимание уделено развитию атомной энергетики. В различных регионах России проводятся инженерные изыскания и исследования по обоснованию мест размещения объектов атомной энергетики [1].

Для осуществления прогнозных оценок и расчетов необходима информация о:

- существующей и перспективной структуре функционального использования территории;
- регионально-геологических и зонально-климатических условиях;
- состоянии компонентов природной среды и экологических систем;
- технологических особенностях эксплуатации проектируемых АЭС и др.

Получение этой информации по проектируемым АЭС производится в процессе инженерных изысканий, выполнении процедуры «Оценка воздействия на окружающую среду» (ОВОС), разработки перечня мероприятий по охране окружающей среды (ПМ ООС). Для существующих АЭС в состав информации входят также результаты мониторинговых наблюдений и других исследований. Унификация и систематизация материалов осуществляется путем создания системы кадастров территорий, где проектируются или существуют объекты атомной энергетики.

Базовыми аспектами при выборе мест размещения объектов атомной энергетики являются: экологический, геологический, гидрологический, метеорологический, почвенный, биологический и другие.

Работы проводятся в разных масштабах от 1:2 500 000 до 1:2000. Основой концепции является информационная матричная модель. По характеристикам (критериям, показателям) для каждого масштаба с применением ГИС-технологий строятся «послойные» карты, совмещение которых позволяет выделять территории, приемлемые для строительства объектов атомной энергетики. Далее составляется кадастр этих территорий. Работы в последующем, более крупном масштабе ведутся лишь в пределах выделенных кадастровых территорий.

В результате формируются кадастры территорий, разномасштабных уровней исследований. ГИС-технологии при необходимости позволяют менять или изменять принципы выборов кадастровых территорий для каждого выделенного в информационной модели иерархического уровня [2].

При выборе места размещения, проектировании, строительстве и эксплуатации АЭС инженерные изыскания выполняются поэтапно:

1. Исследование района предполагаемого строительства для выбора пункта размещения АЭС (первый этап). Исследования охватывают территорию всей России и территории субъектов РФ, в пределах которых выделяются перспективные для строительства объектов атомной энергетики районы (пункты). Выполняются, как правило, в масштабе 1:2 500 000 – 1:200 000. Перспективными районами следует считать территории, в пределах которых отсутствуют (ниже перечислены критерии выбора районов):

- особоохраняемые территории и акватории;

- водоохранные зоны;
- зоны санитарной охраны водозаборов;
- уникальные природные ландшафты;
- места произрастания флоры и обитания животных, занесенных в Красную книгу;
- лесные массивы Гослесфонда РФ;
- историко-архитектурные, археологические и другие объекты, представляющие национальное достояние РФ.

Для выделения перспективных районов должны выполняться следующие исследования:

- сбор, анализ и обобщение материалов Росгидромета, ресурсных кадастров (лесной, водный, земельный и т.д.), и ранее выполненных исследований, касающихся указанных критериев выбора перспективных районов;
- дешифрирование космических снимков (КС) и аэрофотоснимков (АФС);
- камеральная обработка материалов с составлением комплекта карт, отражающих состояние природно-ресурсного потенциала территории, современные экологические условия, существующую инфраструктуру и т.д.

Исследования первого этапа могут проводиться в камеральных условиях, т.е. без выезда на объект. Основным видом исследований является дешифрирование КС и АФС.

По результатам исследований составляется итоговая карта и кадастр местоположения перспективных для строительства объектов атомной энергетики районов (пунктов).

2. Изыскания и исследования для выбора площадки размещения АЭС в пределах выбранного пункта (второй этап). Исследования выполняются только в пределах выделенных перспективных районов (пунктов) применительно к масштабам 1:50 000 – 1:10 000. Целевой задачей исследований является выделение перспективных для строительства объектов атомной энергетики площадок. Перспективные площадки выделяются путем оценки территории по следующим показателям:

- геолого-гидрогеологическое строение;
- особенности рельефа и геоморфологические условия;
- защищенность подземных вод;
- состояние почвенно-растительных сообществ;
- неотектонические условия территории;
- наличие и степень активности природно-техногенных процессов.

Для выделения перспективных площадок должны выполняться следующие исследования:

- рекогносцировочное маршрутное обследование территории;
- проходка горных выработок;
- опытные гидрогеологические работы;
- почвенно-геохимические исследования;
- геофизические исследования;
- выборочное опробование компонентов природной среды;
- радиационные исследования;
- лабораторные работы;
- камеральная обработка материала.

Все исследования проводятся последовательно только в пределах выделенных на первом этапе перспективных районов (пунктов). Особое внимание должно уделяться выполнению геофизических исследований (сеймика, электроразведка и т.д.), позволяющих оперативно и достаточно надежно определять большинство характеристик вышеприведенных показателей.

По результатам исследований второго этапа составляется кадастр перспективных для строительства объектов атомной энергетики площадок.

3. Изыскания на выбранной площадке для размещения (компоновки) и привязки групп сооружений АЭС, разработки Генерального плана и основных проектных решений (третий этап). Примерный состав инженерно-экологических изысканий приведен в СП 11-102-97.

По результатам инженерно-экологических изысканий составляются техническое заключение и программа мониторинга окружающей среды.

Мониторинговые наблюдения проектируется в зоне возможного влияния объекта атомной энергетики. Основными функциями мониторинга являются:

- контроль и наблюдения за состоянием и изменениями компонентов природной среды в зоне влияния объекта;
- оценка состояние компонентов природной среды;
- моделирование и прогнозирование изменений природной среды, вызванных воздействием объекта;
- разработка рекомендаций по принятию управляющих решений.

4. Изыскания для разработки рабочей документации (четвертый этап).

5. Специальные изыскания и исследования при строительстве (консервации, расширения, реконструкции) и эксплуатации АЭС (пятый этап).

Основной объем инженерных изысканий и исследований при проектировании АЭС проводится на первых трех этапах, материалы которых являются базой при составлении и ведении кадастров.

В состав материалов, полученных по результатам инженерных изысканий, которые впоследствии включаются в кадастры, входят:

- описания района расположения площадки, совмещенные с картографической основой;
- подробная характеристика геолого-гидрогеологических условий;
- данные о гидрометеорологических особенностях района и, в первую очередь, расчетные характеристики опасных и особо опасных метеорологических явлений редкой повторяемости;
- оценка возможного воздействия на окружающую природную среду и населения;
- сведения, характеризующие существующие источники техногенной опасности и другая информация [2].

Формирование кадастров должно осуществляться отдельно по пунктам и площадкам размещения объектов атомной энергетики, а также отдельно для проектируемых и эксплуатируемых АЭС. На рис.1 показана обобщенная классификация кадастров территорий объектов атомной энергетики.

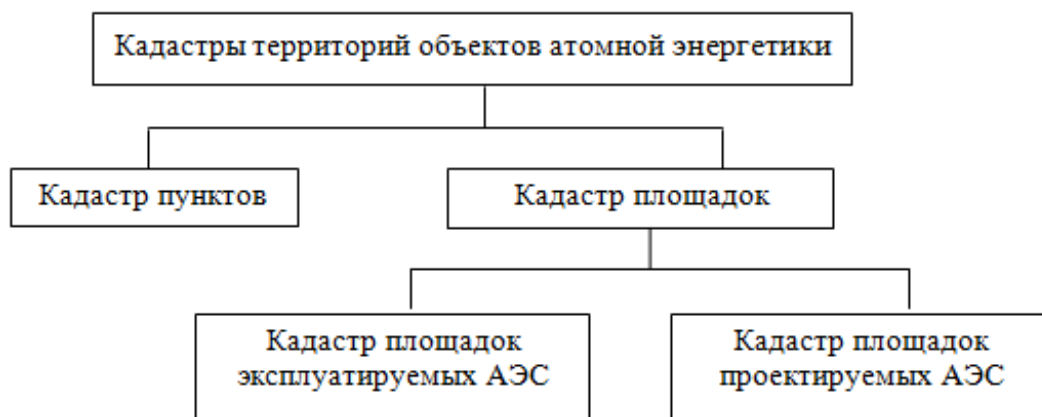


Рис. 1. Обобщенная классификация кадастров территорий объектов атомной энергетики

В состав кадастровой информации по проектируемым АЭС входят материалы ОВОС и ПМ ООС, прошедшие государственную экологическую экспертизу, и ре-

зультаты инженерных изысканий и исследований. По действующим АЭС кроме разделов ОВОС и ПМ ООС, в кадастры вводятся следующие документы и материалы:

- утвержденные проекты ПДВ и ПДС;
- формы статистической отчетности (2ТП-Водхоз, 2ТП-Воздух и другие);
- материалы мониторинговых наблюдений.

Все указанные материалы должны постоянно пополняться в кадастре. Формы статотчетности – ежегодно, ПДВ и ПДС - по мере их пересмотра (один раз в 5 лет), данные мониторинговых наблюдений постоянно, по мере их получения. Формирование кадастра по существующим АЭС должно осуществляться по архивным данным Концерна «Росэнергоатом» и материалам, сосредоточенным на АЭС [1].

Подводя итог, следует сказать, что материалы инженерных изысканий и исследований, а также выявленные в результате мониторинговых наблюдений закономерности, систематизированные в кадастрах, можно рассматривать как универсальные для объектов атомной энергетики, расположенных в аналогичных регионально-геологических и зонально-климатических условиях. В целях обеспечения экологической безопасности объектов атомной энергетики, выявление закономерностей возможного воздействия АЭС на компоненты окружающей среды следует выполнять на предпроектных стадиях. Кадастровая оценка с использованием метода аналогий и математического анализа позволяет своевременно прогнозировать изменения состояния окружающей среды в зоне влияния АЭС, как на предпроектных, так и на стадиях эксплуатации объектов атомной энергетики.

Список литературы:

1. Формирование расширенного кадастра пунктов и площадок АЭС на территории России // Технический отчет. М.: Росатом, 2011.
2. Экзарьян В.Н. Подход к экологическому обоснованию строительства объектов атомной энергетики // IV-е Денисовские чтения «Проблемы обеспечения экологической безопасности строительства». М.: МГСУ, 2008.

FORMATION OF ATOMIC ENERGY CADASTRE-PRIORITY ON ENVIRONMENTAL SECURITY

A.A. Ogurechnikov¹, V.N. Ekzaryan²

*Russian state geological exploration University MGRI, Moscow, 117997, Russia,
e-mail: ¹ogurechnikov.alexander@yandex.ru, ²vnekzar@rambler.ru*

Abstract

The article is devoted to the actual problem – creation of the system of cadastre of territories within which nuclear power facilities are designed or operated. The main stages of ecological researches on the choice of a place for NPP placement are considered. The conclusion is made that inventories of the exploited NPP can be used as analogous objects in forecasting of impacts, changes and consequences in the zone of the projected NPP.

ДИНАМИКА КАЧЕСТВА ВОД МАЛЫХ РЕК РЕГИОНА СЕВАСТОПОЛЯ

Ю.А. Омельчук¹, Г.В. Кучерик², Е.В. Заблоцкая³

ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», Институт ядерной энергии и промышленности, г. Севастополь, 299033, Российская Федерация, e-mail: ¹julja.omelchuk@rambler.ru; ²galina_kucherik@mail.ru, ³evere82@mail.ru

Сегодня Россия, несмотря на огромные водные ресурсы, испытывает дефицит чистой питьевой воды: санитарно-гигиенические стандарты питьевой воды не выдерживаются не только из-за устаревшей технологии водоподготовки, не только из-за того, что не хватает средств на проведение всех необходимых мероприятий по охране поверхностных вод, но и потому, что на очистные сооружения изначально поступает вода, с превышением предельно допустимых нормативов загрязняющих веществ [1].

Химический состав воды и водосток больших рек России зависит от состояния притоков и малых рек, поскольку большинство из них являются верхним звеном крупных речных систем и формируют ресурсы поверхностных вод. Сток малых рек, впадающих непосредственно в крупные, являются одной из важнейших причин трансформации состава и качества воды в низовьях речных систем в отдельные фазы их гидрологического режима. В связи с этим необходимы меры по сохранению, предотвращению исчерпания и загрязнения малых рек, восстановлению их значения в формировании водного фонда России [2].

Цель данной работы состояла в исследовании динамики качества вод малых рек региона Севастополя (Кача, Бельбек, Чёрная). Эти реки относятся к малым, так как водосборная площадь их бассейнов не превышает 2 тыс. квадратных километров [3].

Состояние малых рек региона Севастополя особенно значимо из-за маловодности региона, использования р. Чёрной как основного источника водоснабжения города, высокой степени хозяйственной освоенности водосборного бассейна и использования прибрежных площадей под жилищные и хозяйственные застройки.

Актуальность выбранной темы очевидна в связи с тем, что малые реки региона Севастополя относительно качества и состояния их вод мало изучены и оценка качества их вод ещё никогда не осуществлялась.

Исследования основывались на данных многолетнего мониторинга (2011-2017) по определению гидрохимических параметров [4].

Учитывая, что река Чёрная на всём своём течении (35 км) полностью принадлежит региону Севастополя [3], а другие две реки находятся в административных границах Севастополя только нижним течением (Бельбек-17 км, Кача-5,4 км) [5, 6], то в общей сложности проанализированы показатели 32 проб воды из р. Качи, свыше 200 проб – из р. Бельбек и р. Чёрная.

Качественный состав вод малых рек региона Севастополя (Чёрная, Бельбек, Кача) представлен содержанием главных ионов и минерализации, соединениям азота разной степени окисленности (аммонийный азот, нитритный азот, нитратный азот), фосфатам, органическим соединениям (по БПК₅, ХПК) и параметрам, характеризующим антропогенное воздействие на речную систему (СПАВ, нефтепродукты).

Анализ динамики изменения главных ионов в пределах рассматриваемых параметров показал, что содержание главных ионов и биогенных элементов в реках региона Севастополя не превышает ПДК (ПДК (магний) – 50 мг/л, ПДК (кальций) – 100 мг/л, ПДК (хлориды) – 350 мг/л, ПДК (сульфаты) – 500 мг/л) (рисунок 1).

Содержание минеральных форм азота и фосфора в р.Чёрной не превышает ПДК для водоёмов хозяйственно-питьевого назначения. Самые высокие значения соединений азота и фосфора приходятся на осеннее-зимний период. Наиболее низкие показатели содержания биогенов наблюдаются весной, что, по-видимому, является результатом паводковых явлений, а также начальным периодом весенне-полевых работ.

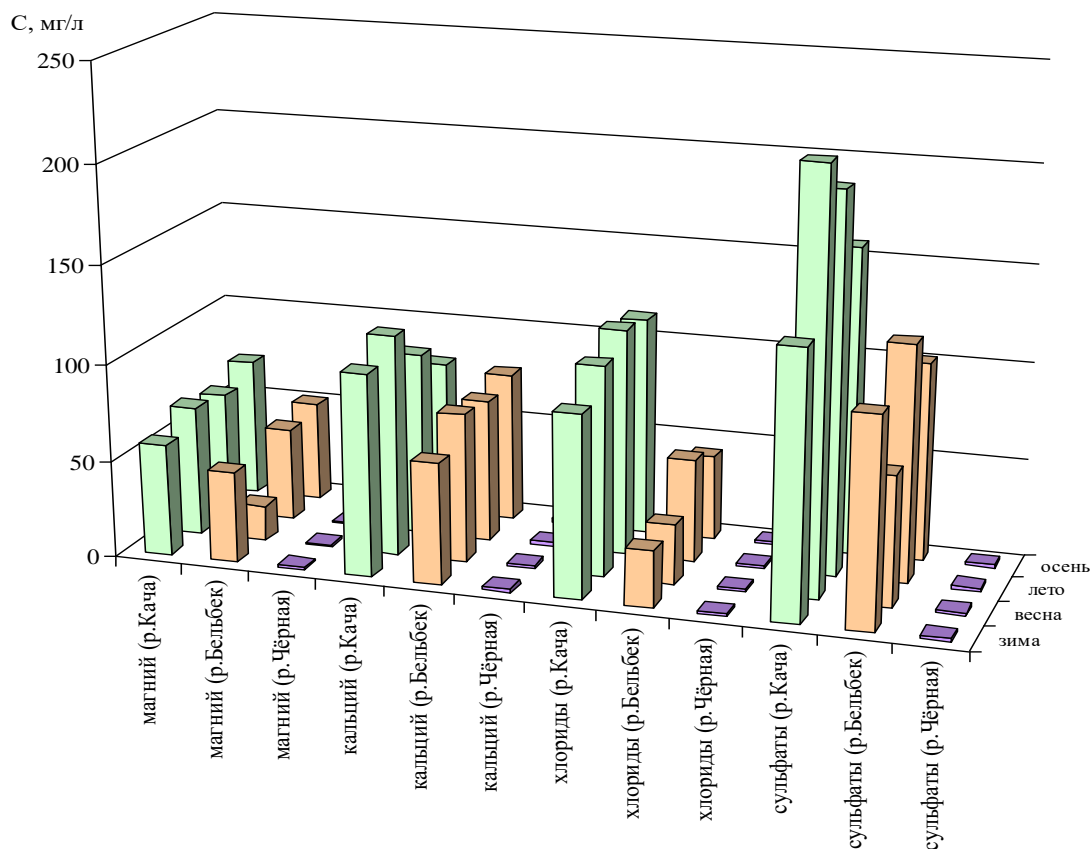


Рис. 1. Динамика изменения содержания главных ионов в водах малых рек Севастополя по сезонам

Анализ изменения содержания соединений азота по течению р.Чёрная показал, что первое повышение содержания азота аммонийного и нитритов связано с впадением двух притоков Байдарки, со стороны с.Орлиное и Айтодорки со стороны Бахчисарайского района. Второе повышение обусловлено сбросом сточных вод очистных сооружений п.Сахарная Головка.

Наиболее резко возрастает концентрация нитратов в результате сброса сточных вод очистными сооружениями биологической очистки. При этом содержание азота аммонийного и нитратов превышают средние значения для р.Чёрной в 2,5 и 2 раза и достигают максимальных величин для р.Чёрной и составляют 0,4 и 6,2 мг/г.

Средняя концентрация фосфатов в р.Чёрная составляет 0,65 мг/л. Наибольшие их значения отмечаются в осенне-зимний период в 3 раза. Такая выраженная сезонность связана с полноводностью её притоков Байдарки и Айтодорки, от которых полностью зависит распределение фосфатов по течению реки после впадения Байдарки. Содержание фосфатов возрастает в 2 раза, а после впадения Айтодорки ещё в 2,3 раза, достигая максимальной концентрации в р.Чёрная – 2 мг/л.

Наблюдаемая зависимость между динамикой СПАВ и содержанием фосфатов свидетельствует о единой природе их возникновения.

Гидрохимический режим биогенных элементов р.Бельбек в границах региона Севастополя существенно отличается от такового р.Чёрной. Средние значения азота аммонийного и нитратов превышают эти же показатели р.Чёрной примерно в 2 раза

и соответственно составляют 0,3 и 14,1 мг/л. Средние значения нитритов и фосфатов равны концентрации этих веществ в р.Чёрной.

Анализируя сезонную динамику биогенов в р.Бельбек, следует отметить, что какая-либо выраженная взаимосвязь между отдельными формами азота и фосфора не обнаружена. Наибольшая концентрация азота аммонийного приходится на весенний период – 0,94 мг/л, нитритов и нитратов, соответственно 0,06 и 19 мг/л – на лето, а фосфатов – на осенний период.

Распределение нитратов по течению р.Бельбек варьирует незначительно, что и характеризуется стабильно высоким их содержанием. Для азота аммонийного наблюдаются два выраженных пика после сброса, по всей вероятности, недоочищенных сточных вод с очистных сооружений с.Фронтное и с.Верхнесадовое.

Анализ изменения концентрации соединений азота в реке Кача по сезонам показывает, что содержание нитратов остаётся стабильным относительно динамики изменения нитритов и аммонийных ионов.

Среднее содержание нитратов в водах р. Кача составляет 19,3 мг/л, нитритов – 0,175 мг/л, аммонийного азота – 0,255 мг/л. Содержание нитратов, нитритов и азота аммонийного в водах р. Кача выше, чем в чистых природных водах. Учитывая, что в загрязнённых реках содержание нитритов может повыситься до 0,05 мг/л, редко выше, можно сказать, что воды р.Кача значительно загрязнены нитритами. Тем не менее, содержание соединений азота и фосфора не превышают ПДК.

Содержание органических веществ в реках региона Севастополя определялось по биологическому потреблению кислорода за 5 суток (БПК₅) и по ХПК на тех же створах отбора проб (рисунок 2). БПК, то есть использование кислорода на биохимическое окисление органических веществ при участии микроорганизмов, является одним из важнейших показателей степени загрязнения воды. Максимально допустимая концентрация БПК₅ составляет 3 мгО₂/л. Как известно, в незагрязнённых водах БПК₅ обычно составляет 0,5-1 мгО₂/л. Количество органических веществ, судя по данным определения БПК и ХПК в р.Чёрной составляет 1,94 и 35,875 мгО₂/л соответственно. По сезонам содержание органики изменяется незначительно (рисунок 2). Значения ХПК в водах р.Чёрной во все сезоны превышали ПДК (30 мгО₂/л) и в среднем составляли 35 мгО₂/л.

По течению р.Чёрной содержание органических веществ увеличивается после впадения в неё основного притока – р.Байдарки и после сброса сточных вод посёлка Сахарная Головка. Ещё более наглядно прослеживается антропогенное происхождение органического вещества в р.Бельбек, когда после сброса в неё сточных вод с очистных сооружений с.Фронтного потребление кислорода увеличилось. Средние значения ХПК в р.Бельбек составляли 56,4 мг О₂/л.

Значение БПК₅ и ХПК в р.Кача на определяемых двух створах значимо не различалось. По содержанию легкоусвояемой органики (по БПК₅) значительных колебаний в водах р.Кача не выявлено: от 2,3 до 2,8 мг/л, что же касается содержания других органических веществ (по ХПК), то средние их значения превышали допустимые для хозяйственно-бытового назначения в 1,2 раза, что составляет 37 мгО₂/л.

При этом колебания органических веществ по ХПК составляют от 48 мгО₂/л в осенне-зимний до 17 мгО₂/л в весенне-летний.

Таким образом, во всех рассматриваемых реках наблюдается превышение содержания ХПК.

Экологическое состояние малых рек региона Севастополя формируется под воздействием стока в них загрязняющих веществ с поверхности водозаборов и сбросом сточных вод.

Динамика изменения антропогенных загрязнителей представлена на рисунке 3. Река Чёрная – наиболее чистая из рассматриваемых по содержанию нефтепродуктов, средняя концентрация которых составляет 0,097 мг/л. Пробы, взятые по течению ре-

ки, свидетельствуют о непревышении содержания нефтепродуктов установленным ПДК. Наиболее загрязнёнными нефтепродуктами являются воды р.Бельбек. Среднее содержание нефтепродуктов в них составляет 0,65 мг/л, что превышает установленную ПДК (0,3 мг/л) в 2 раза.

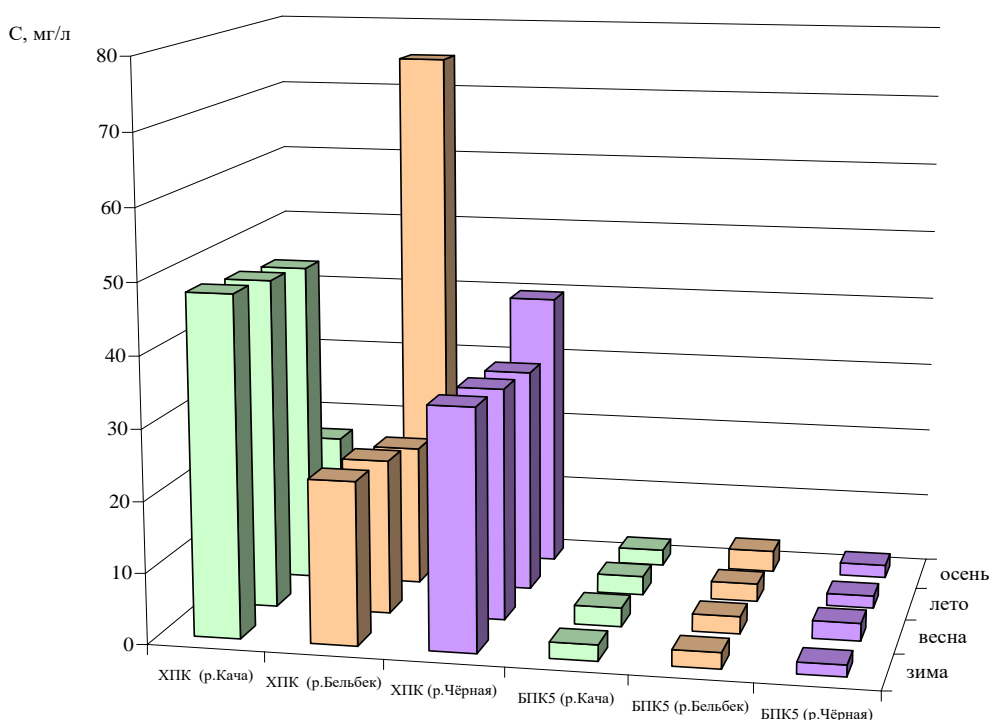


Рис. 2. Динамика изменения BPK₅ и ХПК в водах малых рек Севастополя по сезонам в водах малых рек региона Севастополя

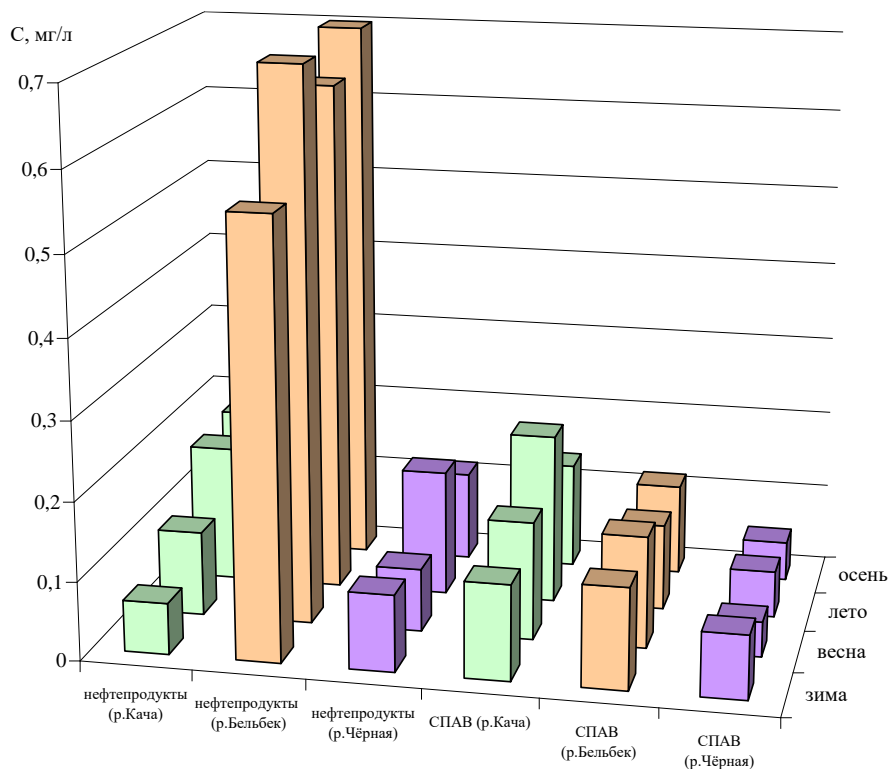


Рис. 3. Динамика изменения концентрации СПАВ и нефтепродуктов по сезонам в водах малых рек региона Севастополя

Наибольшее содержание нефтепродуктов в реке Бельбек наблюдается ниже сбросов канализационных очистных сооружений. Наиболее загрязнены СПАВ воды р.Кача.

В результате проделанной работы был определён вклад определяемых параметров в техногенную нагрузку на данный водный объект и значимость каждого ингредиента в формировании качества воды малых рек региона Севастополя, что позволяет выдать рекомендации к использованию результатов.

Качественный состав вод малых рек региона Севастополя определялся по динамике содержания главных ионов и минерализации, соединений азота разной степени окисленности, фосфатов, органических соединений (по БПК₅, ХПК) и параметрам, характеризующим антропогенное воздействие на речную систему (СПАВ, нефтепродукты) по сезонам и по течению рек.

Список литературы:

1. Кочарян А.Г. Загрязнение воды // Научно-популярная энциклопедия «Вода России». URL: <http://water-ru.ru> (дата обращения: 15.09.2018).
2. Зунтов И. Чтобы спасти большие реки, нужно начать с малых // Русская планета. URL: http://rusplt.ru/our-people/our-people-1_165.html (дата обращения: 19.09.2018).
3. Багрова Л.А., Боков В.А., Багров Н.В. География Крыма. Киев: Лыбидь. – 2001. – 302 с.
4. Пояснительная записка к проекту нормативов допустимого воздействия на водные объекты, расположенные на территории республики Крым. Государственный комитет по водному хозяйству и мелиорации Республики Крым. Симферополь. – 2017. – 101 с.
5. Позаченюк Е.А. Современные ландшафты Крыма и сопредельных акваторий. Симферополь: Бизнес-Информ. – 2009. – 672 с.
6. Олиферов А.Н., Тимченко З.В. Реки и озёра Крыма / Симферополь: Доля. – 2005. – 216 с.

DYNAMICS OF WATER QUALITY OF SMALL RIVERS OF THE SEVASTOPOL REGION

Yu.A. Omelchuk¹, G.V. Kucherik², E.V. Zablotskaya³

Sevastopol State University, Sevastopol, 299033, Russia,

e-mail: ¹julja.omelchuk@rambler.ru; ²galina_kucherik@mail.ru, ³evere82@mail.ru

Abstract

The article is devoted to the quality of small rivers in the region of Sevastopol (Chernaya, Kacha and Belbek).

As a result of the work done, the contribution of the determined parameters to the technogenic load on this water body and the importance of each ingredient in the formation of the water quality of small rivers was determined.

The qualitative composition of water of small rivers of the region of Sevastopol was determined by the dynamics of the content of main ions and mineralization of nitrogen compounds of different degree of oxidation, phosphates, organic compounds and the parameters that characterize the anthropogenic impact on the river system seasonal and along the rivers.

ИЕРАРХИЧЕСКИЙ ПОДХОД ПОЛУЧЕНИЯ ПОЧВОМОДИФИКАТОРОВ ДЛЯ РЕКУЛЬТИВАЦИИ КУСТОВЫХ ПЛОЩАДОК НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

О.С. Остах¹, В.С. Кушеева²

РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, г. Москва, 119991, Россия,
e-mail: ¹mirova_ok@mail.ru, ²v_kusheeva@mail.ru

Широкомасштабные работы по добыче нефти и газа приводят к нарушению земель, разбалансированию параметров и показателей элементов экосистем. Это явление нередко наблюдается не только при разработке и освоении нефтегазовых месторождений, но и в процессе добычи и транспортировки продукта [1].

Обустройство нефтегазовых месторождений сопряжено с формированием новых техногенных поверхностей – промышленных площадок, дорог, карьеров, шламонакопителей. Это территории, которые обустраиваются с использованием минерального грунта (как правило, песка). Однако, песчаные отсыпки не могут противодействовать ветру и потокам воды, что приводит к их размыванию. В ходе работ по добыче нефти и газа лицензионные участки и прилегающие территории часто подвергаются загрязнению углеводородами, тяжелыми металлами и солями. Формирование растительного покрова на площадках с уплотненным и насыщенным лютоантами грунтом также затруднено. Поэтому нефтегазодобывающие предприятия часто сталкиваются с проблемой восстановления и рекультивации таких техногенно нарушенных ландшафтов [2,3].

В настоящее время так же остро стоит вопрос утилизации отходов бурения (ОБ). Для реализации принципов безамбарного бурения ОБ, представленные буровым шламом (БШ), отработанным буровым раствором (ОБР), а также буровыми сточными водами (БСВ), целесообразно утилизировать отдельно. Выделенные направления утилизации каждой группы ОБ представлены ниже (рис. 1) [4].

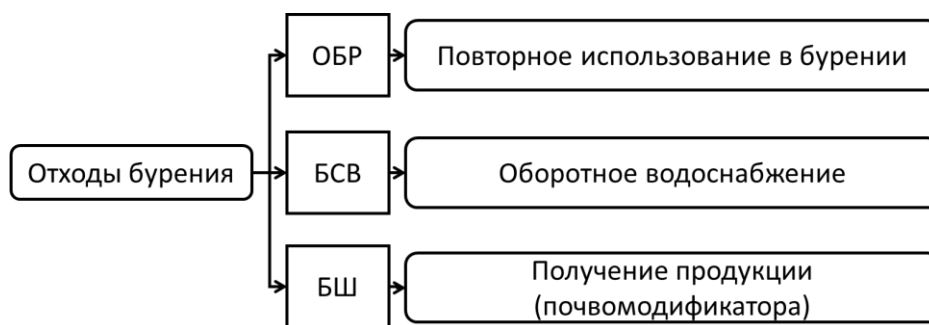


Рис. 1. Схема направлений утилизации групп отходов бурения

Буровой шлам представляет собой природно-техногенный продукт, состоящий из смеси размельченных геологических пород и химических реагентов, используемых в процессе бурения. Химико-минералогический состав буровых шламов зависит от литологического состава разбуриваемых пластов и комплекса компонентов, добавляемых в буровой раствор [5].

При современном уровне технологий бурения и соблюдении всех норм технологического режима буровые отходы по результатам биотестирования относятся к IV-V классам опасности для окружающей среды. Однако возрастающие объемы образующихся отходов требуют полного или частичного отказа от размещения их на полигонах (шламовых амбарах) и перехода к безамбарным технологиям [6].

Целью настоящей работы является разработка иерархического подхода получения почвомодификаторов для рекультивации кустовых площадок нефтегазовых месторождений.

Наилучшие доступные технологии и природоохранные практики сохранения биоразнообразия должны основываться на экосистемном подходе и результатах количественной оценки рисков попадания нефтяного загрязнения в почву и стимулировании конкретных физических и биохимических процессов его превращения при рекультивации нарушенных и нефтезагрязненных земель.

Особое внимание следует уделять оценке почвообразующего действия в условиях опытно-промышленных испытаний и полевых работ в северных регионах с низким естественным плодородием почв и коротким вегетационным периодом.

Установлено, что за счет бурового шлама почвомодификатор содержит легко выветривающиеся глинистые материалы, макроэлементы, включая калий, кальций, магний, железо, углерод, серу и микроэлементы, включая: натрий, цинк, марганец, молибден, кобальт, медь. Все эти составляющие необходимы для роста и развития растений.

Для оптимизации рецептов получаемых почвомодификаторов предлагается использовать комплекс химико-аналитических исследований в сочетании с био- и фитотестированием в автоматизированной климатической системе.

В зависимости от области и региона применения, целевого назначения и выполняемых функций состав и способ получения почвомодификаторов может быть различным. Разработанный иерархический подход получения почвомодификаторов представлен на рисунке 2 [7].



Рис. 2. Иерархический подход получения почвомодификаторов

Тестирование возможностей применения почвомодификатора для рекультивации техногенно нарушенных земель проводилось в Автоматизированной Климатической Системе (АКС). С помощью АКС могут решаться основные задачи установления норм внесения химических мелиорантов, бактериальных препаратов и норм посева семян в искусственно регулируемых условиях. К ним относятся:

- воспроизведение климатических условий, соответствующих любой местности и любому времени года;
- выяснение влияния отдельных климатических факторов – облученности, спектрального состава излучения, температуры воздуха и почвы, относительной влажности и скорости движения воздуха, содержания в нем газов (в первую очередь угле-

кислого и кислорода) и их совокупности на эффективность мероприятий по восстановлению плодородия почв;

- разработка методики ускорения агрофизических, агрохимических, биохимических исследований в воспроизводимых условиях среды и быстрое выявление устойчивости к внешним неблагоприятным условиям пробного посева трав и фитомелиоративного с внесением минеральных удобрений и посевом устойчивых к загрязнению многолетних трав;

- определение и воспроизведение физиологических, биофизических и биохимических процессов в динамике и онтогенезе;

В условиях данной работы в АКС проводилось фитотестирование почвомодификаторов различных составов. Для оценки фитотоксического действия образца использовался экспресс - метод проращивания семян, описанный в нормативно-методических документах: СП 2.1.7.1386-03 [8], МР 2.1.7.2297-07.

Результаты проведенного исследования показали стимулировать прорастания семян овса на почвомодификаторе по сравнению с контролем.

Таким образом, использование полезных свойств буровых шламов в составе почвомодификатора дает возможность интенсифицировать процесс почвообразования. Создание слоя из почвомодификатора (смеси бурового шлама, песка, торфа и мелиорирующих добавок, включая органические и минеральные удобрений), имеет повышенный почвообразующий потенциал.

Формирование плодородного слоя на техногенно нарушенных землях позволяет вовлечь в эти процессы растения и аборигенные микроорганизмы, а также предотвратить дальнейшее разрушения площадки за счет закрепления на ней корней растительности [9].

Применение почвомодификаторов с адаптивными свойствами относительно природно-антропогенных комплексов на основе утилизируемых отходов бурения является альтернативой традиционным торфо-песчаным смесям. При этом наблюдается более равномерное и более интенсивное зарастание рекультивированной поверхности по сравнению с традиционными способами рекультивации.

Список литературы:

1. Бабина Ю.В., Бухгалтер Э.Б., Голубева И.А., Лыков О.П., Экология нефтегазового комплекса: Учебное пособие под ред. Владимирова А.И. В 2 т. Т.2/. Н. Новгород.: Вектор ТиС, 2007. 532 с
2. Булатов А.И., Макаренко П.П., Шеметов В.Ю. Охрана окружающей среды в нефтегазовой промышленности. М.: Недра, 1997. - 483 с.
3. Папины М.П., Остах С.В., Остах О.С., Кушеева В.С. Научно-техническая база восстановления нефтезагрязненных почв и прилегающей геолого-технологической системы нефтегазодобычи // Вестник Российской академии естественных наук 2017/5 Т. 17. С. 80-84.
4. Абалаков А. Д. Экологическая геология: учеб. пособие / А. Д. Абалаков. – Иркутск : Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2007. – 267 с
5. Полозов М.Б. Экология нефтегазодобывающего комплекса: Учебно-методическое пособие. – Ижевск: Изд-во «Удмуртский университет», 2012. - 174 с.
6. Мещеряков С.В., Остах С.В., Сушкова А.В., Остах О.С. Алгоритмический подход к процессам обращения с отходами бурения// Экология и промышленность России. 2017 Том 21. № 10. С. 9-13.
7. ГОСТ Р 56828.31-2017 Наилучшие доступные технологии. Ресурсосбережение. Иерархический порядок обращения с отходами.
8. СП 2.1.7.1386-03 Санитарные правила по определению класса опасности токсичных отходов производства и потребления от 16 июня 2003 года N 144.

9. ГОСТ Р 57447-2017 Наилучшие доступные технологии. Рекультивация земель и земельных участков, загрязненных нефтью и нефтепродуктами. Основные положения.

**HIERARCHICAL APPROACH TO THE SOIL MODIFIERS DERIVING
FOR THE REMEDIATION OF MULTI-WELL PADS ON OIL
AND GAS PRODUCTION FIELDS**

O.S. Ostakh¹, V.S. Kusheeva²

Gubkin RSU of oil and gas (NIU), Moscow, 119991, Russia,

e-mail: ¹mironova_ok@mail.ru, ²v_kusheeva@mail.ru

Abstract

The possibility of practical use of large tonnage waste – drilling sludge as a secondary material resource with the production of soil modifiers was studied in the research. The analytical review of fertile properties of soil modifiers of different content was made to determine the optimal hierarchical scheme that can be applied for remediation of technogenic sites. To identify the beneficial effect of developed approach the methods of laboratory analysis (phytotesting) were used. The experimental results proved effectiveness of the developed approach and were used to optimize the parameters of derived soil modifiers.

УДК 614.8

**МЕТОДОЛОГИЯ ЗАБЛАГОВРЕМЕННОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ
ДИНАМИКИ НЕФТЕХИМИЧЕСКИХ И РАДИАЦИОННО ОПАСНЫХ
ВОЗДЕЙСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ
В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ**

С.В. Остах

*РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, Фонд «Национальный Центр
Экологического Менеджмента и Чистого Производства для нефтегазовой
промышленности» г. Москва, Российская Федерация, e-mail: ostah2009@yandex.ru*

Введение. Использование современных технологий в нефтегазовой отрасли и даже строгое соблюдение при этом требований безопасности, не гарантирует отсутствие аварий, пожаров и, обусловленных друг другом, чрезвычайных ситуаций (далее - ЧС).

Фактор неопределенности имеющихся данных, связанный с невозможностью идентификации и зонирования опасностей, делает проблему наиболее опасным источником формирования дополнительных техногенных потоков вторичного загрязнения прилегающих территорий углеводородами, тяжелыми металлами и радионуклидами [1-5].

Основная часть объектов инфраструктуры месторождений может располагаться на болотах, там чаще всего происходят аварии на трубопроводах, построить надёжную гидроизоляцию в шламовом амбаре, расположенном на болоте практически невозможно [1], что ведёт к загрязнению прилегающих участков территорий токсикантами [6].

Наиболее опасными и непредсказуемыми являются загрязнения геологической среды в результате залпового или замедленного прямого воздействия суммой загрязняющих веществ [7-9,11]. Это определяет высокий интегральный риск и, соответственно, необходимость разработки быстродействующих и адаптивных систем предупреждения и ликвидации негативных последствий [10].

Указанная ситуация обусловлена тем, что до сих пор не очерчен до конца круг явлений управления динамикой совместного нефтехимического и радиационно опасного воздействия, отсутствует адекватный математический аппарат, не сформированы полностью класс необходимых понятий и соответствующая концепция, а также мало обобщены направления, которые могут возникать в соответствующих технических приложениях. Также отсутствуют необходимые промежуточные звенья между этапами целеполагания и формирования конкретных планов работ создания и функционирования систем, применимых для нефтегазовой отрасли, адаптированные для прогнозирования динамики ЧС и их последствий.

Одним из основных направлений деятельности по снижению уровня рисков возникновения рассматриваемого характера ЧС, а также по сохранению здоровья людей, снижению ущерба окружающей среде и материальных потерь в случае их возникновения, является выполнение комплекса мероприятий, проводимых заблаговременно, с целью определения наиболее оптимальных технологий ликвидации последствий и формирования эффективной системы экстренного реагирования.

При этом важным является научно-методически обоснованный выбор приоритетов защиты тех или иных участков при предупреждении и ликвидации ЧС. В сложившихся условиях данная проблема является весьма сложной, требующей комплексированного подхода для максимально возможного снижения ущерба и потерь в случае их возникновения [12].

Решение указанной проблемы возможно на основе интегрированного аналитического подхода и, как следствие, путем широкого применения аппаратно-программных комплексов пространственного анализа, обмена и управления данными для предупреждения и ликвидации ЧС техногенного характера, связанных с соблюдением рационального природопользования.

1. Базовые принципы прогнозирования. Прогнозирование динамики нефтехимических и радиационно опасных воздействий ЧС осуществимо на основании оценки границ и вероятности наступления события с учетом неблагоприятных гидрометеорологических условий, времени года, суток, рельефа местности, экологических особенностей и характера использования территорий.

Прогнозирование последствий рассматриваемых ЧС должно отражать:

- описание вероятных сценариев возникновения и развития ЧС с использованием статистических методов;

- определение границ зон вероятных последствий ЧС с задействованием методов логического, сравнительного, ретроспективного анализов в части степени их негативного влияния на население, объекты жизнеобеспечения, производственной социальной сферы, а также прогнозирование ущербов, причиняемых окружающей среде в результате ЧС;

- установление достаточности сил и специальных технических средств для локализации и ликвидации ЧС и их последствий;

- определение последовательности, сроков, состава специальных технических средств и наиболее эффективных способов и технологий.

К базовым принципам прогнозирования целесообразно отнести:

1. *Вариабельность* прогноза определяет поиск доступных прогностических предикторов с учетом прогнозного фона и критериев оценки проводимой комплексной или компонентной оценки выявленного загрязнения объекта и прилегающей территории;

2. *Верифицируемость* предусматривает возможность проверки достоверности, точности и обоснованности прогнозов, необходимых для выполнения экспертно-методического сопровождения природоохранных мероприятий, относительно корректности применяемой структурно-логической модели прогнозирующей системы на ретроспективном периоде;

3. *Перманентность* определяет необходимость корректировки прогнозов по мере необходимости обеспечения постоянства получения новых данных о выявляемых значимых воздействиях окружающую среду;

4. *Адекватность* прогноза характеризует пространственно-временную ситуацию сравнимой с некоторой сценарно задокументированной причиной и источником загрязнения (нарушения) участка территории на основании его сходства с другими как по структурным, так и по доминирующим признакам;

5. *Консистентность* означает согласованность и целостность данных с внутренней непротиворечивостью нормативных и поисковых прогнозов и их различного горизонта;

6. *Целенаправленность* предопределяет активный характер прогнозирования, поскольку содержание прогноза не сводится только к предвидению, а включает возможность отслеживания интенсивности самоочищения и амплитуды экологических сдвигов;

7. *Экономическая эффективность* осуществления прогноза и его использования характеризует превышение экономического эффекта от использования прогноза над затратами на его разработку;

8. *Унификация* устанавливает блочных непротиворечивых моделей, использование вычислительных способов решения, создание информационного банка данных направлений прогнозирования;

9. Принцип *эмерджентности* предполагает построение прогнозов на основе системы параметров и моделей, характеризующейся определяемой иерархией и совокупностью прогнозируемых показателей.

Рассматриваемые принципы обеспечивают методологическое единство разнообразных методов и моделей прогнозирования динамики нефтехимических и радиационно опасных воздействий.

Практическая реализация перечисленных принципов предопределяет необходимость создания и развития автоматизированных информационно-управляющих систем.

2. Информационно-аналитическая система. Специфика прогнозирования динамики рассматриваемых воздействий ЧС в нефтегазовой отрасли заключается в том, что в подавляющем большинстве случаев приходится сталкиваться с вероятностными и случайными составляющими совместного нефтехимического и радиационно опасного воздействия, что приближает качество прогнозов к уровню гипотез. Кроме того, при прогнозировании приходится сталкиваться с интуитивными и формализованными методами. Их точный совместный учет, а тем более невозможности полной математической формализации прогнозной модели представляют чрезвычайно сложную методологическую задачу.

Содержание и особенности задач информационно-аналитической поддержки принятия решений в ЧС в условиях неопределенности, характеризующихся экстремально серьезными последствиями и ущербом, определяют актуальность применения комплексного многовариантного сценарного анализа, оценки достоверности прогнозных оценок, а также методов накопления и использования экспертной информации.

Неопределенность прогностического времени может быть устранена методом спектрально-временного анализа данных, а также в результате логического анализа физических закономерностей.

Для принятия оптимальных управленческих и финансовых решений по обеспечению высокого уровня экологической безопасности производственных объектов необходимо знать все возможные характеристики неблагоприятного воздействия этих объектов на окружающую природную среду, оперативно определять вероятность негативных последствий эксплуатации объекта для окружающей природной среды в зависимости от сроков его эксплуатации и давать прогнозную оценку для минимизации потенциальной опасности возможного негативного воздействия технологически сложной производственной деятельности.

Необходимость обеспечения качества принимаемых управленческих решений требует комплексирования научно-обоснованных методов прогнозирования, моделирования, анализа риска, а также развитие математического обеспечения всех уровней планирования.

При выборе метода прогнозирования следует учитывать особенность формализованной прогнозной модели с учетом следующих факторов:

- требуемый формат прогнозной модели;
- горизонт, период и интервал прогнозирования;
- доступность и достоверность исходных данных;
- задаваемая точность;
- поведение наблюдаемой экосистемы;
- компетентность и экспертов.

Надежность оценок может быть основана на большом количестве репрезентативных данных, полностью отражающих оцениваемую ситуацию или на ограниченном их количестве, характеризующие отдельные фрагменты (сцены) сценарного представления с организованными и неорганизованными источниками воздействия.

Недостаточная изученность рисков для окружающей среды относительно возможного отрицательного воздействия при различных технологических подходах для разработки нефтегазовых скважин создает угрозу формирования критических значений поражающих факторов, обусловленных прежде всего неконтролируемым распространением нефтяных флюидов углеводородами, солями, миграция их в водные объекты и в глубоких почвенных горизонтах, и как следствие поступление их в окружающую среду.

Например, верхний гидрогеологический этаж включает в себя водоносный комплекс, относящийся к зоне свободного водообмена и связанный с осадками верхнепалеогенового и четвертичного возрастов. В него входят грунтовые воды, которые залегают практически на поверхности и на глубинах до 10 м и более. Особенностью этого комплекса является наличие инфильтрации атмосферных осадков и тесная связь с ними, это служит главным фактором в формировании солевого и газового состава этих вод. Именно эти воды интенсивно загрязняются на территории месторождений при аварийных разливах нефти и подтоварной воды, фильтрации поллюантов из шламовых амбаров.

Заключение. Представленные принципы прогнозирования и соответствующие методы применимы для повышения информативности и достоверности оценки техногенных опасностей, обусловленных нефтехимическими и радиационно опасными воздействиями и их последствий в нефтегазовой отрасли.

Реализация рассмотренных методических основ позволит достичь улучшения региональных целевых показателей состояния окружающей среды, а именно: установить границы распространения загрязнителей, выявить критические объекты, сократить (или обосновать) показатели рисков и границ распространения неблагоприятных воздействий поражающих факторов, выявленных при инвентаризации объектов накопленного экологического вреда.

Список литературы:

1. Пиковский Ю.И. Природные и техногенные потоки углеводородов в окружающей среде. – М: Изд-во МГУ, 1993. – 208 с.
2. Бухгалтер Э.Б., Голубева И.А., Лыков О.П. Экология нефтегазового комплекса: учеб. пособие. В 2 т. Т.1. – М.: ГУП Изд-во «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2003. – 416 с.
3. Булатов А.И., Макаренко П.П., Шеметов В.Ю. Охрана окружающей среды в нефтегазовой промышленности. М.: Недра, 1997. - 483 с.
4. Тетельмин В.В., Язев В.А. Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. Учеб. пособие. - Долгопрудный: Интеллект, 2009. – 352 с.
5. Лисаченко Э.П., Стамат И.П., Зельдин А.Л. Выброс природных радионуклидов в окружающую среду в результате деятельности предприятий неядерных отраслей// Радиационная гигиена. - 2012. – Т. 5. № 4. - С. 50 – 56.
6. Мещеряков С.В., Гонопольский А.М., Остах С.В., Остах О.С. Прогнозно-аналитическая оценка распространения загрязнения за пределы шламонакопителей промышленных предприятий// Экология и промышленность России. 2017 Том 21. № 10. С. 22-27.
7. Огняник Н.С., Парамонова Н.К., Брикс А.Л., Пашковский И.С., Коннов Д.В. Основы изучения загрязнения геологической среды легким нефтепродуктами. Киев: А.П.Н., 2006. – 278 с.
8. Экзарьян, В.Н., Эколого-экономическая оценка техногенных последствий от изменений геологической среды как основа перехода на модель устойчивого развития /В.Н. Экзарьян// Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. - 2014. - №3. - С.242-251.

9. Остах С.В., Миронова О.С. Мультиценарное прогнозирование последствий глубинного нефтяного загрязнения почвенных объектов// Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2014. № 9. С. 47–51.
10. Мещеряков С.В., Остах С.В., Остах О.С., Бушуев Д.А., Сутормин В.В. Системный подход к обеспечению экологической безопасности на объектах прошлой хозяйственной деятельности// Безопасность труда в промышленности. 2017. № 2. С.28–32.
11. Процессы естественной трансформации углеводородов нефти в модельной почвенной системе/ Д.А. Филатов [и др.] //Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. - 2015. - № 2. - С. 26-31.
12. Остах С.В., Папини М.П., Чиаппи П., Ольховикова Н.Ю. // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2019. № 2 (287). С. 5-11.

**THE METHODOLOGY OF EARLY FORECASTING OF THE DYNAMICS
OF PETROCHEMICAL AND RADIATION HAZARDOUS EFFECTS
OF EMERGENCIES IN THE OIL AND GAS INDUSTRY**

S.V. Ostakh

*Gubkin Russian state University of oil and gas (national research UNIVERSITY)
named after I. M. Gubkin, Moscow, Fund “National Centre of Ecological Management
and Pure Production for the oil and gas industry», Moscow, Russian Federation,
e-mail: ostah2009@yandex.ru*

Abstract

The principles of forecasting and appropriate methods to improve the information content and reliability of the assessment of man-made hazards caused by petrochemical and radiation hazards and their consequences in the oil and gas industry are presented.

The implementation of the considered methodological framework will allow to achieve the improvement of regional environmental targets, namely: to establish the boundaries of the spread of pollutants, to identify critical objects, to reduce (or justify) the risk indicators and the boundaries of the spread of adverse effects of damaging factors identified in the inventory of objects of accumulated environmental damage.

КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ МЕТОДОВ И АДАПТАЦИЯ МЕТОДИК ОБНАРУЖЕНИЯ ПЛОЩАДНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ОТХОДАМИ ПРЕДПРИЯТИЙ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

С.В. Остах¹, Н.Ю. Ольховикова²

*РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, г. Москва, Российская Федерация,
e-mail: ¹ostah2009@yandex.ru, ²olynatas@mail.ru*

Введение. Объекты нефтехимической отрасли промышленности, оказывающие негативное воздействие на компоненты окружающей среды, характеризуются образованием специфичных по своим свойствам нефтехимических отходов. Большое разнообразие производственных процессов, протекающих на предприятиях данной отрасли промышленности, обуславливает широкую номенклатуру образующихся отходов. Они могут находиться в различных агрегатных состояниях, что создает дополнительные трудности при их размещении и хранении.

В настоящее время проблема обнаружения и ликвидации таких загрязнений стоит остро. Их количество на территории Российской Федерации очень велико. Своевременное обнаружение таких объектов позволит вовремя и с достаточной степенью точности и обоснованности принимать меры по их локализации и ликвидации, так как может происходить быстрая миграция загрязняющих веществ на значительные расстояния. При этом единой схемы обработки данных при исследовании таких объектов нет, и в каждом конкретном случае организация, выполняющая такие работы, руководствуется лишь собственным опытом и финансовым состоянием.

Подобные загрязнения являются крайне опасными для окружающей природной среды. Совместное присутствие органических и неорганических компонентов может в несколько раз усиливать их негативное воздействие.

Отдельным типом загрязнения является площадное загрязнение нефтехимическими отходами. Обычно оно возникает при нарушении норм технологического режима, авариях, несоблюдении правил размещения и хранения образовавшихся отходов на нефтехимическом предприятии.

Площадное загрязнение характеризуется достаточно большой площадью, возможным наличием сразу нескольких первичных источников загрязнения и возможной неравномерной концентрацией загрязняющих веществ по территории загрязнения. Основными характерными загрязнителями при этом являются фенолы, нефтепродукты, а также разнообразные продукты нефтехимического синтеза.

Одним из наиболее характерных и наихудших сценариев вероятного развития таких ситуаций является проникновение отдельных характерных загрязнителей и их смесей в глубинные слои почвенных горизонтов. Это может привести к миграции загрязнения на большие расстояния и развитию техногенеза.

Указанные органические углеродистые соединения отличаются высокой степенью летучести и растворимости в воде, что также обуславливает опасность для окружающей среды и человека за счет многофакторного проявления токсичных свойств. Они способны проникать в глубокие геологические слои, мигрировать на большие расстояния с подземными водами с образованием дополнительных поверхностных и глубинных нефтехимических загрязнений.

Процесс распространения загрязнения за пределы объектов нефтехимической отрасли промышленности обусловлен следующими факторами [1-4]:

- наличием долговременных источников поллютантов в насыщенных и ненасыщенных зонах;

- возможностью вертикальной фильтрации сквозь них загрязняющих веществ с применением механизма обратной диффузии;
- общими и локальными уклонами уровневой поверхности грунтовых вод;
- наличием наиболее вероятных путей движения и транспорта веществ с более высокими коэффициентами проницаемости;
- характеристиками вмещающих пород.

Используемые для решения описанных задач методические приемы, как правило, характеризуются лишь частичным использованием имеющегося потенциала отдельных практических возможностей инженерных изысканий и последующего прогнозирования. Поэтому требуется создание единого адаптивного алгоритма, который бы позволил, с учетом условий на каждом рассматриваемом объекте, создать информационно-аналитическую систему, позволяющую в различных режимах собирать, рассматривать и анализировать данные, полученные с помощью инженерных изысканий. В связи с этим предлагается использовать метод комплексирования различных экологических, геохимических и геофизических методов изысканий, адаптированный к специфике рассматриваемых загрязнений.

Комплексирование. Сложность решаемых отраслевых задач и неоднозначность геологической и экологической интерпретации геофизических данных приводят к необходимости комплексирования, т.е. оптимального сочетания ряда геофизических, геологических, геохимических, аэрокосмических методов и полевых буровых работ. При этом один метод дает сведения лишь о горизонтальных границах раздела, другой - о вертикальных, третий позволяет оценить свойства объекта, когда известны лишь его геометрические размеры, и т.д. [5].

Комплексирование геофизических методов является одним из ведущих направлений научно-технического прогресса в геологии, способствующих повышению эффективности геофизических работ и обеспечению надежности однозначного решения поставленных геологических задач и определения основных параметров исследуемых объектов и вмещающей среды [6]. Такая необходимость также обусловлена неоднозначностью качественных (определение местоположения и природы) и количественных (определение геометрии) заключений об объекте исследования, которые получают по результатам одного метода.

Важнейшим методологическим принципом, понимая под ним теорию рациональной деятельности, для геофизической разведки является комплексирование: межметодное геофизическое (применение хотя бы 2 - 3-х методов геофизики), разноуровневое (аэрокосмические, аквально-полевые, подземно-скважинные наблюдения), междисциплинарное (использование геологической, гидрогеологической, биологической, медицинской и другой информации).

Если по данным одного метода неопределенность количественных оценок весьма велика, то совместная количественная интерпретация двух или более геофизических полей, основанных на разных физических принципах, позволяет существенно сократить пределы неоднозначности и получить необходимый и достаточный объем достоверной информации. Например, целесообразно геофизические и геохимические исследования проводить по одним и тем же профилям в местах наибольшей мощности исследуемой загрязненной среды.

В промышленной экологии наиболее широко используются [7-9]: вертикальное электрическое зондирование, электропрофилеирование, электрокаротаж, зондирование методом вызванных потенциалов, резистивиметрия (определение удельных электрических сопротивлений воды), сейсморазведка методом преломленных волн, термометрия, гамма-съёмка, пенетрационный и радиометрический каротаж.

Выбор одного-двух из указанных выше методов зависит от геолого-геофизических условий объектов исследований и прилегающих территорий. Периодически повторяя профильные или площадные съемки в ходе мониторинга, можно

судить об изменении загрязненности и осуществлять прогнозирование изменений инженерно-геологических и экологических условий.

Методы геофизической разведки позволяют получить характеристики и информацию о свойствах недр вдоль линейной и / или ареальной конфигурации. Классические методы геологического исследования (стратиграфические журналы и колодцы) позволяют получать информацию о конкретных местах исследований.

Комплексирование методов геофизического и экологического прогнозирования может базироваться на сборе и анализе биологической, геологической, гидрогеологической, почвенной, геохимической, геофизической информации о состоянии природно-технических систем, а главное - использовать эту информацию для обнаружения площадных загрязнений нефтехимическими отходами, прогнозирования последствий этого загрязнения и его возможного дальнейшего распространения (см. рис. 1).



Рис. 1. Комплексирование методов геофизического, геохимического и экологического исследования и прогнозирования

Указанный вид многоуровневого мониторинга позволяет получать определенные показатели воздействия и объективную, по возможности, количественную информацию об изменении биологических, геологических, гидрогеологических, геохимических, геофизических параметров с привязкой к геоинформационным системам [10]. Эта система является информационно-аналитической базой для прогнозных расчетов и моделирования характеристик ожидаемого загрязнения окружающей природной среды, уточнения границ и размеров зоны влияния, а также составления карт миграции загрязнений.

Использование аналитической системы. При использовании имеющихся достоверных данных, полученных в результате комплексирования, с помощью прогнозистического моделирования идентифицируется и картографируется движение поллютантов с четким определением геометрии и контуров. Также предполагается соотношение установленных или прогнозируемых состояний анализируемых показателей с нормами допустимого остаточного содержания [2]. Для этого необходимо задействовать имеющиеся результаты геохимических, гидрохимических и радиационных исследований в виде изолиний коэффициентов концентрации токсичных веществ в почвах, диаграмм концентрации загрязняющих компонентов в пробах поверхностных, подземных и сточных вод и т.п.

Многофакторный анализ загрязнения позволяет уточнять его месторасположение, размеры, такие характеристики как диапазон концентраций загрязняющих веществ, скорость и основные пути их возможной миграции для определения соответствующей пространственно-временной динамики (см. рис. 2).

Использование указанных данных в качестве информационно-аналитической базы вместе с результатами прошлых исследований (фондовых геолого-гидрогеологических, геофизических, инженерно-геологических работ и т.д.), выполненных в разное время, позволяют увеличить достоверность получаемой с помощью прогнозных моделей информации и использовать её для своевременного проведения превентивных и ликвидационных мероприятий [11, 12].



Рис. 2. Многофакторный анализ площадного загрязнения и определение соответствующей пространственно-временной динамики его распространения

Заключение. Комплексирование методов при обследовании площадного загрязнения отходами нефтехимической отрасли промышленности является одной из первых и наиболее важных стадий инвентаризации, локализации и ликвидации подобных объектов накопленного экологического ущерба, и за счет совместной интерпретации результатов различных исследований способствует более эффективной дальнейшей работе над объектом.

Описанный интегрированный подход позволяет оптимизировать экономические издержки и потребление ресурсов при проведении указанных мероприятий по обнаружению и инвентаризации площадных загрязнений нефтехимическими отходами, а также получать более полную информацию об объекте за счет эффективного управления процессами изысканий и мониторинга окружающей среды.

Список литературы:

1. Мещеряков С.В., Гонопольский А.М., Остах С.В., Остах О.С. Прогнозно-аналитическая оценка распространения загрязнения за пределы шламонакопителей промышленных предприятий// Экология и промышленность России. – 2017. - Том 21. № 10. С. 22-27.
2. Геофизические методы исследования / Под ред. В.К. Хмелевского. - М.: Недра, 1988. – 396 с.

3. Мещеряков С.В., Остах С.В., Остах О.С., Бушуев Д.А., Сутормин В.В. Системный подход к обеспечению экологической безопасности на объектах прошлой хозяйственной деятельности // «Безопасность труда в промышленности». – 2017. - № 2. - С. 28 – 32.
4. Остах С.В., Папини М.П., Чиаппи П., Ольховикова Н.Ю. Комплексирование методов геофизического и экологического прогнозирования последствий глубинного загрязнения окружающей среды при эксплуатации объектов нефтехимической отрасли промышленности // «Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе». – 2019. – №2. – С. 5 – 11.
5. Косинова И.И., Ильяш В.В., Косинов А.Е. Эколого-геологический мониторинг техногенно-нагруженных территорий. - Воронеж: изд-во ВГУ, 2006. - 103 с.
6. Комплексирование геофизических методов при решении геологических задач. Под редакцией В.Е. Никитского и В.В. Бродового. Москва, Недра, 1987. – 471 с.
7. Миронова О.С., Остах С.В. Идентификация и ликвидация глубинных нефтезагрязнений. - М.: LAP, 2014. 156 с.
8. Евдокимов И.Н. Особенности электрофизических свойств жидких углеводородных сред с повышенным содержанием смолисто-асфальтеновых веществ / И. Н. Евдокимов, Н. Ю. Елисеев // Химия и технология топлив и масел. – 2001.– № 1.– С. 29 – 31.
9. Шакуро С.В. Применение геофизических методов при изучении техногенных нефтепродуктов / С.В. Шакуро // Разведка и охрана недр. - 2005.- №8. - С.24-26.
10. Теория и методология экологической геологии / под ред. В.Т. Трофимова. – Изд-во МГУ, 1997. – 368 с.
11. Остах С.В., Остах О.С., Ольховикова Н.Ю., Папини М.П. Обнаружение и ликвидация глубинных нефтехимических загрязнений при рекультивации нефтешламных амбаров на месторождениях // Сборник докладов Geopetrol 2018, с. 1081 – 1087.
12. Пьянков О.В. Информационно-аналитическая система: назначение, роль, свойства // Информационная безопасность регионов. – 2014. - №1. – С. 21 – 26.

INTEGRATION AND ADAPTATION OF METHODS OF DETECTING AREA OF POLLUTION BY WASTE OF THE PETROCHEMICAL COMPLEX

S.V. Ostah¹, N.Yu. Olkhovikova¹

*Russian State University of Oil and Gas (NIU) named after I.M. Gubkina,
Moscow, Russian Federation, e-mail: ¹ostah2009@yandex.ru, ²olynatas@mail.ru*

Abstract

An approach to the integration of methods for the detection of areal pollution by petrochemical waste is presented. The basic engineering survey methods for determining petrochemical pollution are described. The scheme and equipment of the information analytical system is considered. Options for solving the problems of detection and inventory of objects of accumulated environmental damage with petrochemical pollution are offered.

УДК 621.438

КОГЕНЕРАЦИОННЫЕ МИКРОГАЗОТУРБИННЫЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ЛОКАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ

В.А. Очеретяный¹, В.Т. Матвеев², А.В. Дологлонян²

¹Севастопольский государственный университет, г. Севастополь, 299053, Россия,
e-mail: ocheret-1961@rambler.ru

²Институт природно-технических систем, г. Севастополь, 299011, Россия

Широкое применение когенерационных технологий в энергетике, то есть комбинированного производства электрической и тепловой энергии, принципиально возможно при обеспечении энергией локальных объектов или технологически изолированных энергосистем. В этом случае необходимы энергоустановки средней и малой мощности, обслуживающие обособленные объекты промышленности, коммунального хозяйства, портовые центры и т.д.

Для обеспечения энергией указанных объектов находят применение когенерационные микрогазотурбинные установки (МГТУ), в частности, МГТУ с регенерацией теплоты (рис.1), обладающие более высокой тепловой энергоэффективностью по сравнению с ГТУ простого цикла [1].

Более высокими характеристиками по экономичности обладают МГТУ с турбокомпрессорным утилизатором (ТКУ) и регенерацией (Р) теплоты. К выхлопу турбины (рис.2) присоединяется турбокомпрессорный утилизатор, который состоит из турбины перерасширения (ТП), приводящей дожимающий компрессор (ДК). Между ТП и ДК располагается регенератор и охладитель газа, выполняющий роль котла-утилизатора [2].

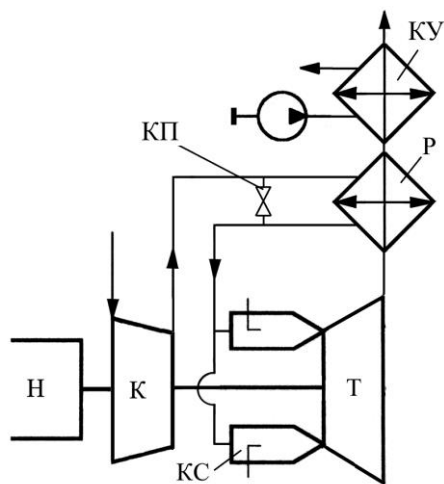


Рис. 1. Схема МГТУ с регенерацией теплоты: К – компрессор; КС – камера сгорания; Т – турбина, Р – регенератор; КУ – котел-утилизатор; Н – нагрузка; КП – клапан перепускной

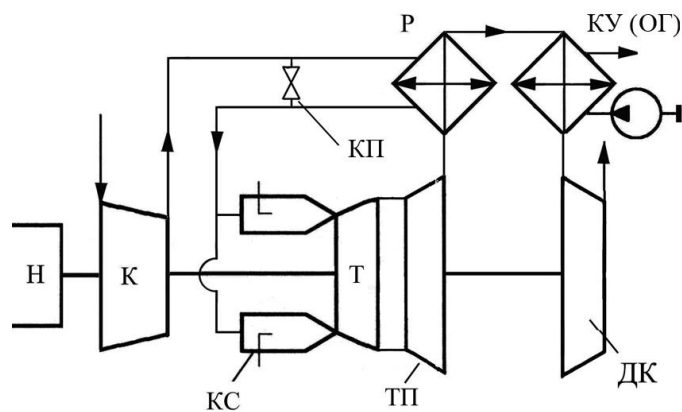


Рис. 2. Схема МГТУ с турбокомпрессорным утилизатором и регенерацией теплоты: К – компрессор; КС – камера сгорания; Т – турбина, Р – регенератор; КУ(ОГ) – котел-утилизатор (охладитель газов); Н – нагрузка; КП – клапан перепускной; ТП – турбина перерасширения; ДК – дожимающий компрессор

При перерасширении газа в турбине увеличивается мощность установки при том же расходе топлива, т.е. увеличивается эффективный КПД. Наличие КУ превращает МГТУ с ТКУ и Р в установку когенерационного типа.

Достоверность теоретических разработок по турбокомпрессорной утилизации теплоты, часть которой превращается в механическую работу, подтвердилась на со-

зданной в Севастополе опытном газотурбогенераторе АИ-8 с турбокомпрессорным утилизатором (рис. 3) [3, 4].

На рис. 4 показаны характеристики ГТУ с Р и ГТУ с ТКУ и Р и для сравнения ГТУ простого цикла в зависимости от степени повышения давления π_k в компрессоре двигателя.

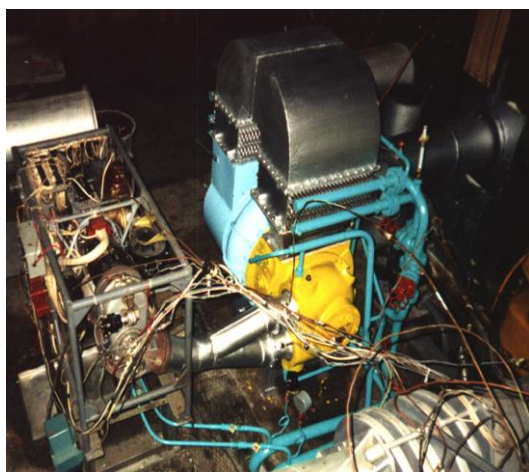


Рис. 3. Газотурбогенератор с турбокомпрессорным утилизатором мощностью до 60 кВт

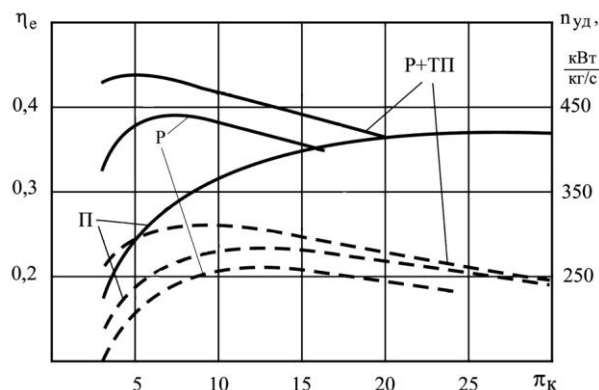


Рис.4. Зависимости эффективного КПД (η_e) (сплошные линии) и удельной мощности $n_{уд}$ (прерывистые линии) от π_k при $T_3=1373$ К, $\pi_{дк} = 2,0$ и $\sigma = 0,8$

Для анализа характеристик циклов ГТД применена универсальная термодинамическая модель цикла ГТД [2], которая позволяет определять параметры циклов в зависимости от π_k , начальной температуры газа T_3 в двигателе, степени регенерации σ , степени повышения давления в ДК $\pi_{дк}$ и фиксированных значениях других величин, влияющих на параметры цикла двигателя.

Анализ результатов исследования параметров циклов показал увеличение КПД η_e для цикла ГТД с Р составляет (относительно) 10...12,5 % по отношению в ГТД простого цикла (П).

Сочетание двух способов повышения экономичности ГТД применено в цикле ГТД с ТКУ и Р (ТП + Р). Исследование параметров циклов ГТД с ТКУ и Р проводилось при изменении степени повышения давления $\pi_{дк}$ в ДК в диапазоне от 1,75 до 2,5, и температуры газа перед ДК равной 323 К.

На рис.4 видно, что увеличение КПД для цикла ГТД с ТКУ и Р составляет 20...25% относительных по отношению к простому циклу, значения удельной мощности значительно превышают величины для ГТД с Р, оптимальная по КПД $\pi_{корт}$ в цикле ГТД с ТКУ и Р составляет 4...6, что предпочтительно для микрогазотурбинных двигателей.

Характеристики МГТУ на переменных режимах. Для когенерационных ГТУ, обеспечивающих энергией коммунальные и промышленные объекты, характерна работа на частичных нагрузках, причем не только в пределах сезона, но и в течение суток.

В условиях эксплуатации на промышленных объектах энергоустановка должна обладать хорошей приемистостью для обеспечения стабильности поставляемой электроэнергии. Одновальная МГТУ, где силовая турбина сблокирована с газогенератором, удовлетворяет указанным требованиям, а применение свободного ТКУ обеспечивает повышение экономичности ГТУ. Элементы схем (рис.1 и 2) с заблокированной силовой турбиной устойчиво работают при постоянном числе оборотов (генераторной нагрузке). Возможна работа ГТУ при винтовых нагрузках в определенном диапазоне нагружения, так как в микрогазотурбинной ГТУ применяют высоко-

частотные генераторы, после которых электроэнергия преобразуется посредством инвертора и подается в сеть потребителю.

На рис. 5 и 6 показаны зависимости характеристик МГТУ с регенерацией теплоты (схема 1Б/Р) и МГТУ с ТКУ и регенерацией теплоты (схема 1Б/Р+ТП) при генераторном и винтовом (дополнительное обозначение V) нагружении [4, 5]. Здесь приняты условные обозначения: \bar{N}_a – относительная мощность; \bar{G}_k – относительный расход; η_e – КПД; T – температура; π – степень повышения давления. Индексы: К – компрессор; ДК – дожимающий компрессор; е – эффективный; ТТ – теплотехнический.

При всех значениях относительной мощности \bar{N}_a , то есть при частичном нагружении, эффективный КПД η_e в схеме МГТУ с ТКУ и Р выше, чем в МГТУ с Р при всех видах нагружения.

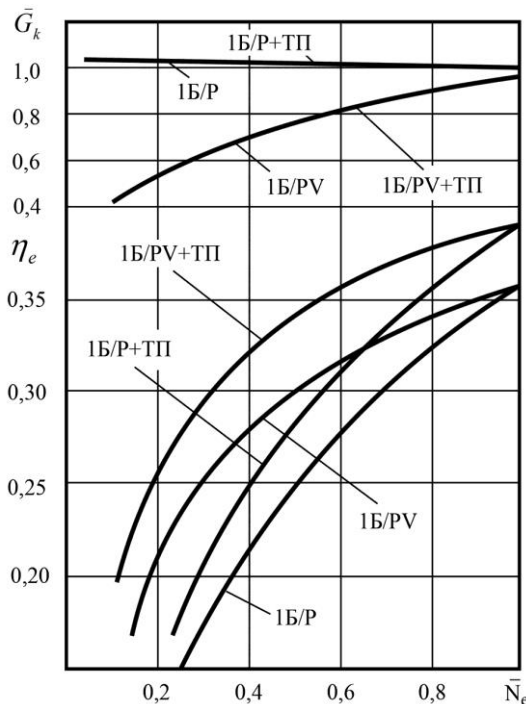


Рис. 5. Характеристики циклов МГТУ на частичных нагрузках при $T_3 = 1273 \text{ К}$, $\pi_k = 5-6$, $\pi_{dk} = 2,0$, $\sigma = 0,85$

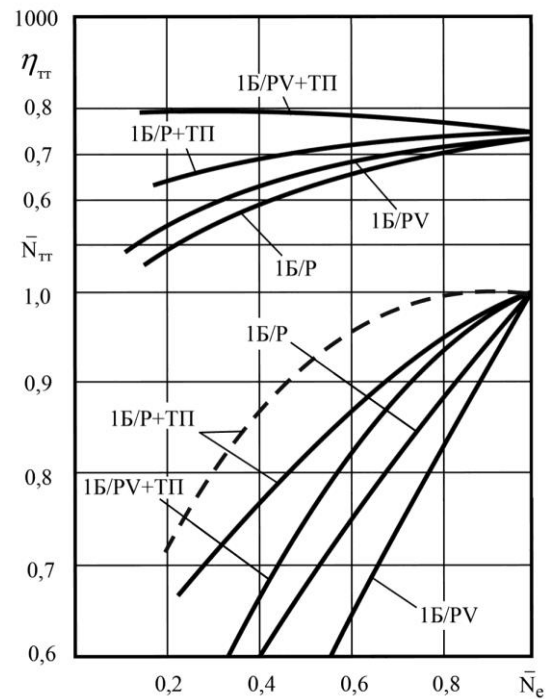


Рис.6. Теплотехнические характеристики МГТУ на частичных нагрузках при $T_3 = 1273 \text{ К}$, $\pi_k = 5-6$, $\pi_{dk} = 2,0$, $\sigma = 0,85$

При винтовом нагружении КПД для всех схем выше, чем при генераторном нагружении, так как расход воздуха \bar{G}_A на переменном режиме через двигатель уменьшается, при этом реализуется количественный закон регулирования.

Каждая схема МГТУ на переменных режимах имеет свои закономерности изменения теплотехнических характеристик (рис. 6). Теплотехнический (общий) КПД η_{TT} в МГТУ с ТКУ и Р более высокий и практически стабильный на всех режимах нагружения, и, соответственно, уменьшение относительной тепловой мощности $\bar{N}_{\dot{\delta}}$ на частичной нагрузке меньше, чем в других схемах.

Изменить тепловую мощность когенерационной МГТУ с ТКУ и Р можно посредством перепуска циклового воздуха мимо регенератора, что осуществляется открытием перепускного клапана КП (рис.1 и 2). Такой способ позволяет перераспределить тепловой поток за турбиной перерасширения между регенератором и охлаждением газа – котлом-утилизатором. На рис.6 показан характер изменения теплотехнической мощности (прерывистая кривая) посредством перепуска воздуха мимо регенератора при уменьшении нагрузки на двигатель посредством перепуска воздуха мимо регенератора.

Такой способ управления потоками энергии полезен в зимний период и позволяет не предусматривать наличия пиковых отопительных котлов.

Выводы

1. Энергетические МГТУ с ТКУ и регенерацией теплоты на всех режимах имеют эффективный КПД более высокий, чем в МГТД с регенерацией теплоты и ГТД простого цикла.

2. ГТД с ТКУ и Р и ГТД с Р в одновальном исполнении основного двигателя на частичных винтовых нагрузках более экономичны, чем на частичных генераторных нагрузках.

3. В ГТД с ТКУ и Р и ГТД с Р возможно регулирование потоками энергии, что позволяет реализовать гибкие когенерационные технологии.

Исследования выполнены при финансовой поддержке Российского Фонда Фундаментальных Исследований и города Севастополь в рамках научного проекта № 18-48-920005.

Список литературы:

1. Матвеев В.Т. Энергетическая и экологическая эффективность когенерационных энергоустановок для коммунальных объектов энергопотребления / В.Т. Матвеев // Коммунальное хозяйство городов: науч.-техн. сб. – К.: Техника, 2003. – Вып. 49 – С.119-123.
2. Matviienko V.T. Cogenerative GTE with turbo-compressor utilize / V. Matviienko // Korea Institute of Mashinery Materials. – Daejeon, 2006. – P.92-93.
3. Матвеев В.Т. Теплотехнические характеристики когенерационных газотурбогенераторов с регенерацией теплоты при переменном режиме работы / В.Т. Матвеев // Авиационно-космическая техника и технология: Сб. науч. трудов. – Харьков: НАУ «ХАИ», 2001. – Вып. 230. – С. 95-98.
4. Matviienko V. Variable regimes operation of cogenerative gas-turbine engines with overexpansion turbine // Proceedings of ASME Turbo Expo 2010: Power of Land, Sea and Air GT 2010, June 14-18, 2010, Glasgow, UK, GT 2010-22029.
5. Matviienko V.T. Working Process Control in a Ship Gas Turbine of Complex Cycle / V. Matviienko, V. Ocheretianyi, O. Andriets, S. Riznik // Proceedings of ASME Turbo Expo 2016, June 13-17, Seoul, South Korea. GT 2016-56073.

COGENERATING MICROGAS TURBINE INSTALLATIONS FOR ENERGY SUPPLY OF LOCAL OBJECTS

V.A. Ocheretianyi¹, V.T. Matviienko², A.V. Dologlonyan²

¹Sevastopol State University, Sevastopol, 299053, Russia, e-mail: ocheret-1961@rambler.ru

²Institute of Natural-Technical Systems, Sevastopol, 299011, Russia

Abstract

When providing local facilities or technologically isolated power systems with energy, cogeneration plants of medium and low power are widely used. To provide these objects with energy, micro gas turbine plant (MGTP) are often used for heat recovery (R). A further increase in the engine economics of the MGTP is proposed due to the deep utilization of the engine exhaust heat in a turbo-compressor utilizer (TCU), where part of the utilized heat is converted into mechanical work. In the TCU, over-expansion turbines are used, behind which a regenerator is installed. Exhaust gases are emitted into the atmosphere by a booster compressor. It is shown that the increase in efficiency for the cycle of MGTP with a TCU and heat recovery is 20...25% relative to a simple cycle of MGTP, the specific power increases to the same extent. MGTP with TCU and R and MGTP with R on partial screw loads are more economical than on generator loads. In MGTP with TCU and R and MGTP with R it is possible to regulate energy flows, which allows regulation of energy flows, which allows to regulate flexible cogeneration technologies.

ПОКАЗАТЕЛИ ПРОДУКТОВ АКТИВАЦИИ КАРБОНИЗАТА ДРЕВЕСИНЫ ПУИНКАДО УГЛЕКИСЛЫМ ГАЗОМ

**Т.А. Павлищева, Наинг Линн Сое, Зин Мое, Со Вин Мьинт,
А.В. Нистратов, В.Н. Клушин**

*Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева,
г. Москва, 125047, Россия, e-mail: dvk1971april@mail.ru*

Крупнотоннажные отходы переработки древесины повсеместно обуславливают ряд экологических и экономических проблем. Поэтому выявление рациональных путей их утилизации крайне важно для многочисленных производств, связанных с механической обработкой этого вида растительного сырья. Весьма актуально оно и для республики Союз Мьянма, деятельность ряда предприятия которой, занятых такой обработкой древесины пуинкадо (бирманского железного дерева), сопряжена с образованием ее крупнотоннажных отходов, а национальная лесная политика сопряжена с необходимостью выполнения исследований, ориентированных на разработку технологических основ эффективного вовлечения в материальное производство древесных отходов [1].

В этой связи следует подчеркнуть, что значительное количество публикаций, имеющих в научно-технической и патентной литературе [2-5], указывает на принципиальную возможность использования отходов древесины ряда плотных пород для получения активных углей. Так, в частности, в работе [6] представлены сведения о процессе переработки отходов древесины пуинкадо путем их пиролиза и активации полученного карбонизата водяным паром в активные угли и охарактеризованы технические показатели этой продукции.

В настоящей работе изучены рациональные условия активации карбонизата отходов древесины пуинкадо углекислым газом и ансамбль характеристик ее целевых продуктов. Сырье для исследований подготовлено в виде воздушно-сухих и близких к кубической форме фрагментов названной древесины размером $\sim 10 \times 10 \times 10$ мм.

Пиролиз и активация осуществлены последовательно и непрерывно (без промежуточного охлаждения обрабатываемых материалов). Навеску подготовленного сырья помещали в находящийся в вертикальной цилиндрической электропечи трубчатый реактор внутренним диаметром 26 мм на его металлическую сетчатую опору.

Пиролиз во всех опытах проведен, как и в работе [6], при интенсивности нагревания сырья 15 °С/мин до 550 °С и длительности последующей изотермической выдержки при этой температуре 60 мин.

Далее, в первой серии экспериментов, не прекращая процесс, карбонизат нагревали с различной интенсивностью до 875 °С и выдерживали при этой температуре в течении 45 мин при непрерывном расходе CO_2 на реактор в количестве 100 мл/мин. Технические показатели полученных активных углей, включающие значения выхода (в %) (по отношению к сырью), выраженные в $\text{cm}^3/\text{г}$ значения их суммарных объемов пор V_{Σ} , оцененных по воде, объемов сорбирующих пор V_s по парам воды, четыреххлористого углерода и бензола, наряду с величинами поглощения йода (F в %) и красителя метиленового голубого (МГ в мг/г) охарактеризованы в табл. 1.

Из данных табл. 1 следует, что рациональная интенсивность нагревания образца составляет 20 °С/мин.

В следующей экспериментальной серии карбонизат, полученный в указанных выше условиях, также не останавливая процесс, нагревали с интенсивностью 20 °С/мин до различных температур с тем же расходом CO_2 на реактор и выдерживали

при каждой из них в течении 45 мин. Технические показатели полученных активных углей представлены в табл. 2.

Таблица 1

Изучение влияния интенсивности нагрева

№	Скорость нагрева, °С/мин.	Выход	V_{Σ} , см ³ /Г	V_{sH_2O} , см ³ /Г	V_{sCCl_4} , см ³ /Г	$V_{sC_6H_6}$, см ³ /Г	МГ, мг/Г	F, %
1	5	29	0,785	0,1004	0,06	0,091	19,211	12,49
2	10	23,7	0,894	0,099	0,057	0,123	24,054	15,02
3	15	26,05	1,055	0,115	0,106	0,204	27,44	16,53
4	20	25,9	1,26	0,202	0,136	0,271	28,816	19,11
5	25	25,97	0,823	0,1067	0,0585	0,192	30,77	11,46

Таблица 2

Изучение влияния конечной температуры

№	Конечная температура, °С	Выход, %	V_{Σ} , см ³ /Г	V_{sH_2O} , см ³ /Г	V_{sCCl_4} , см ³ /Г	$V_{sC_6H_6}$, см ³ /Г	МГ, мг/Г	F, %
1	850	31,98	0,683	0,0978	0,0498	0,0916	34,89	20,2
2	875	25,9	1,26	0,202	0,136	0,271	28,816	19,11
3	900	28,7	0,929	0,125	0,152	0,2096	34,36	15,21
4	925	29,3	0,876	0,173	0,118	0,242	40,75	11,48

Приведенные в табл. 2 показатели указывают на целесообразность нагревания карбонизата в потоке CO₂ до 875 °С.

Эксперименты по оценке влияния на результативность активации в указанном потоке CO₂ карбонизата, полученного в названных условиях, длительности его выдержки при выбранной конечной температуре, обеспеченной нагреванием с интенсивностью 20 °С/мин, иллюстрирует информация табл. 3.

Таблица 3

Изучение влияния времени выдержки при конечной температуре

№	Время (мин) выдержки	Выход, %	V_{Σ} , см ³ /Г	V_{sH_2O} , см ³ /Г	V_{sCCl_4} , см ³ /Г	$V_{sC_6H_6}$, см ³ /Г	МГ, мг/Г	F, %
1	15	27,5	0,8199	0,152	0,054	0,129	38,8	13,9
2	30	28,6	0,835	0,148	0,061	0,156	49,8	19,44
3	45	28,55	0,958	0,14	0,093	0,216	50,56	18,62
4	60	29,18	0,837	0,15	0,095	0,164	22,6	25,3
5	90	24,3	1,007	0,229	0,215	0,295	10,48	47,08
6	140	23,8	1,131	0,249	0,337	0,552	45,88	25,45
7	180	17,81	1,549	0,178	0,482	0,494	145,65	72,17
8	330	26,6	0,628	0,137	0,066	0,129	33,3	7,57

Анализ данных табл. 3 свидетельствует, что лучшую совокупность значений изученных показателей обеспечивает время изотермической выдержки, составляющее 140 мин.

Завершающая стадия выполненных экспериментов преследовала цель выявления влияния на названные показатели активного угля различных расходов CO₂. Для этого полученный в обозначенных выше условиях горячий карбонизат нагревали в заданном потоке активатора с интенсивностью 20 °С/мин до 875 °С и выдерживали при этой температуре в течение 140 мин. Технические показатели полученных активных углей представлены в табл. 4.

Таблица 4

Изучение влияния расхода углекислого газа

№	Расход CO ₂ , мл/мин	Выход, %	V _Σ , см ³ /г	V _{SH₂O} , см ³ /г	V _{sCCl₄} , см ³ /г	V _{sC₆H₆} , /г	МГ, мг/г	F, %
1	75	25,7	1,09	0,14	0,124	0,262	20,92	25
2	100	23,8	1,131	0,249	0,337	0,552	45,88	25,45
3	125	17,8	1,469	0,288	0,496	0,524	58,36	55,27
4	150	22,3	1,377	0,155	0,483	0,49	47,98	39,65

Сопоставление данных табл. 4 позволяет заключить, что рациональный расход углекислого газа наиболее вероятно близок промежуточному значению между 100 и 125 мл/мин.

Таким образом, совокупность охарактеризованных результатов позволяет констатировать в качестве оптимальных условий реализации процесса активации CO₂ карбонизата, полученного пиролизом: древесины пуинкадо с интенсивностью нагревания 15 °С/мин до 550 °С и выдержкой при этой температуре 60 мин, скорость разогрева горячего карбонизата (в потоке CO₂ с удельным расходом около 112:2,6 = 43 мл/(мин·см²)) 20 °С/мин до 875 °С и изотермическая выдержка при данной температуре в течение 140 мин.

Технические характеристики активных углей, полученных активацией названного карбонизата водяным паром (по данным работы [6]) и углекислым газом, сопоставлены в табл. 5.

Таблица 5

Сравнение технических показателей активных углей различной активации

Агент активации	Выход, %	V _Σ , см ³ /г	V _{SH₂O} , см ³ /г	V _{sCCl₄} , см ³ /г	V _{sC₆H₆} , см ³ /г	МГ, мг/г	F, %
Углекислый газ	~20,8	1,13	0,25	0,34	0,55	45,88	25,45
Водяной пар	11,7	1,56	0,13	0,67	0,78	~200	98,10

Данные табл. 5 указывают на существенные различия в пористой структуре и адсорбционной способности сопоставляемых поглотителей. Так, паровая активация обеспечивает существенно меньший выход активного угля по отношению к сырью, значительно больший суммарный объем пор за счет увеличенной мезопористости и в разы большие величины поглощения метиленового голубого и йода. Углекислотная же активация сокращает суммарную пористость целевого продукта с одновременным развитием микропористой структуры и снижением объема переходных пор.

Список литературы:

1. Forest resources of Myanmar [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.timbertradeportal.com/countries/myanmar/> (дата обращения: 01.08.2018).
2. Ramirez A.P., Giraldo S., Ulloa M., Flórez E., Acelas N.Y. (Universidad de Medellín, Medellín, Colombia) Production and characterization of activated carbon from wood

- wastes. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://repository.udem.edu.co/bitstream/handle/11407/4565/7.%20Production%20and%20characterization%20of%20activated%20carbon%20from%20wood%20wastes.pdf?sequence=1> (дата обращения: 06.02.2019).
3. Daniel C.W., Keith C.K., Irene M.C. Conversion of wood waste into activated carbon and its application, [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.wasteminz.org.nz/wp-content/uploads/Daniel-Tsang.pdf> (дата обращения: 06.02.2019).
 4. Бамбуковый уголь [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.bamboopro.ru/charcoal/html> (дата обращения: 03.07.2015).
 5. Ефремов С.А., Наурызбаев М.К., Нечупиронко С.В., Соколов А.Ю. Способ получения активного угля. Патент Казахстана KZ (A) № 20216 от 17.11.2008, бюлл. № 3.
 6. Наинг Линн Сое, Зин Мое, Со Вин Мьинт, Нистратов А.В., Клущин В.Н. Технологические аспекты и показатели переработки отходов древесины железного дерева и оболочек семян манго на углеродные адсорбенты / Химическая промышленность сегодня, 2018, № 4, с. 28-34.

**INDICATORS OF THE PRODUCT OF ACTIVATION OF IRON WOOD
CARBONIZED MATERIAL WITH CARBON DIOXIDE GAS**

**T.A. Pavlishcheva, Naing Linn Soe, Zin Moe, So Win Myint, A.V. Nistratov,
V.N. Klushin**

*D. I. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia,
Moscow, 125047, Russia, e-mail: dvk1971april@mail.ru*

Abstract

The results of the evaluation of the rational conditions of carbon dioxide activation of carbonized material obtained by the pyrolysis of Burmese iron wood are presented. The yield, porous structure, and adsorption capacity of the obtained granulated activated carbon are compared with similar indicators of the steam activation product of the carbonized material.

СПОСОБЫ МОДИФИКАЦИИ ВЫСОКОДИСПЕРСНЫХ КОМПОНЕНТОВ ЭНЕРГОЁМКИХ КОМПОЗИЦИЙ

Г.Я. Павловец¹, В.Ю. Мелешко¹, Т.В. Бурдикова²

¹*Институт химической физики им. Н.Н. Семёнова РАН, г. Москва, Россия
e-mail: g.pavlovets@yandex.ru*

²*Казанский национальный исследовательский технологический университет,
г. Казань, Россия, e-mail: burdickova@yandex.ru*

Современный этап развития энергоёмких композиций (ЭК) характеризуется активным поиском путей повышения энергоёмкости и расширения диапазонов регулирования их баллистических характеристик. Для ЭК реальным направлением повышения эффективности является снижение газодинамических, химических и тепловых потерь, связанных с неполнотой окисления, процессами агломерации и шлакообразования из-за наличия металлического горючего в составе ЭК. В связи с этим разработана методика, позволяющая снизить энергетические потери, равноценная разработке ЭК с более высокими энергоёмкими характеристиками.

Для ряда ЭК реальным методом повышения энергоёмкости является замена металлических горючих одной природы на более энергоёмкие и увеличение их массового содержания в составах, что может существенно (в 1.5-3 раза) повысить их эффективность. Особый интерес представляет реализация возможностей нанотехнологий по модифицированию высокодисперсных металлических горючих (ВМГ) и получению нанодисперсных порошков (НДП) с последующим их применением в ЭК, где определяющими являются такие свойства металлов, как высокая реакционная активность, энергоёмкость, возможность регулирования характеристик в широких пределах.

Для обеспечения указанного комплекса свойств материалов и возможности их применения необходимы технологии модифицирования ВМГ и получения НДП с повышенным содержанием основного вещества, узкофракционным распределением по дисперсности, регулируемой в широких пределах удельной поверхностью и формой частиц, близкой к сферической.

Практика использования металлических горючих в составах энергоёмких композиций различного назначения, к сожалению, не всегда успешна. Несмотря на высокий уровень энергоёмкости, до сих пор не удается полностью реализовать их потенциальные возможности, что связано со сравнительно большими размерами частиц и физико-химическими свойствами поверхностного слоя продуктов, образующихся на их поверхности в процессе горения, а также агломерацией ряда металлических горючих.

В этой связи становится актуальным решение проблемы управления физико-химическими свойствами поверхности исходных частиц горючего и продуктов его взаимодействия с окислительными агентами при одновременном повышении дисперсности металлического горючего. Необходимо также отметить, что физико-химические свойства энергоёмких материалов и продуктов их взаимодействия с газообразными продуктами горения ЭК влияют не только на полноту и скорость процесса их сгорания, но и на комплекс эксплуатационных и специальных свойств энергоёмких композиций.

Другим альтернативным подходом к созданию нового поколения высокоэнергетических материалов является использование в ЭК нанодисперсных порошков, размеры частиц которых более чем на порядок ниже, чем у штатных. По ряду показателей в качестве металлического горючего в составах ЭК наиболее широко использу-

ется алюминий, а процессы воспламенения и горения композиций на основе нанодисперсных порошков алюминия интенсивно исследуются как в России, так и за рубежом. В то же время перспективным является использование в ЭК порошков, например, титана. Хотя они и проявляют пирофорные свойства, имеют низкую температуру воспламенения, высокую чувствительность к механическим воздействиям, ЭК на их основе отличаются высокой надежностью воспламенения и безотказностью действия.

Разработка способов повышения эффективности действия ЭК на основе металлических горючих связана с увеличением полноты их использования, т.е. переходом горючего в зону горения с максимальным содержанием активного металла в порошке.

Окисление, воспламенение и горение алюминия, титана, кремния и ряда других тугоплавких горючих происходит на поверхности, следовательно, направленно воздействуя на физико-химические свойства поверхности их частиц, можно изменять закономерности протекания этих процессов.

В этой связи представляют интерес разработанные эффективные химический и плазмохимический способы модифицирования металлических порошков. При химическом способе (контактный обмен, химическое восстановление) на поверхности металлических горючих образуются покрытия на основе металлов (меди, никеля, железа, хрома), их оксидов, а также солей металла основы. Для модифицирования поверхности порошков титана и алюминия был разработан метод низкотемпературной плазменной обработки в среде аргона и аргон – пропана. Показано, что обработка порошкообразных металлов низкотемпературной плазмой приводит к изменению свойств их поверхности, что связано с внедрением атомов плазмообразующего газа (углерода, водорода), также в процессе нагревания могут образовываться наноструктурные карбиды – термостойкие соединения, обладающие хорошей электропроводимостью.

Одним из направлений повышения реакционной активности металлических частиц в волне горения ЭК является нанесение многослойных нанопокровов различного функционального назначения на их поверхность. Например, с целью придания ферромагнитных свойств высокодисперсным частицам порошка алюминия возможны высаживания островкового типа модифицирующего железосодержащего компонента с образованием пористого покрытия, на которое легко наносятся фтороорганические покрытия. Фтороорганические полимеры хорошо адсорбируются на частицах, обладающих магнитными свойствами. Поэтому для получения металлоорганических композиций на частицы алюминия необходимо нанести тонкий слой железосодержащих компонентов.

Модифицировать поверхность частиц алюминия можно разными методами: контактного обмена, химического восстановления, высокочастотной низкотемпературной плазменной обработки. При химическом восстановлении модифицирующие железосодержащие компоненты высаживаются преимущественно в виде мелкодисперсной фазы между частицами порошка алюминия. Массовая доля модифицирующего компонента при такой обработке в зависимости от технологических параметров составляет от 10 до 20 %. При высокочастотной низкотемпературной плазменной обработке этот показатель составляет 0,1-0,2 %.

Наиболее оптимальным является содержание модифицирующего компонента в пределах 1 – 2 %. По результатам проведенных экспериментальных исследований было установлено, что методом контактного обмена можно получить образцы порошка с заданной массовой долей модификатора и типом покрытия.

Как показали предварительные исследования, взаимодействие растворов солей железа (III) с алюминием протекает по-разному и зависит от размеров частиц алюминия, от исходной концентрации раствора солей железа (III), а также других фак-

торов (температура, рН). При взаимодействии раствора солей железа (III) с компактным алюминием с течением времени наблюдается накопление ионов железа (II), в то время как в случае использования дисперсного алюминия имеет место процесс, завершающийся выделением железа в свободном состоянии. В последнем случае процесс восстановления железа (III) сопровождается выделением тепла и переходом бурой окраски в практически бесцветную с голубоватым оттенком и появлением ферромагнитных частиц. Более детальное изучение показало, что данная реакция протекает в две последовательные стадии:

- 1) восстановление ионов железа (III) до железа (II);
- 2) восстановление ионов железа (II) до железа (0).

Применительно к металлическим горючим, окисление, воспламенение и горение которых протекают в конденсированной фазе, перспективным методом изменения реакционной способности порошкообразных веществ является модифицирование поверхности частиц добавками различной природы. Цирконий, титан и их оксиды имеют высокие температуры кипения, поэтому их горение и предшествующие ему стадии окисления и воспламенения проходят на поверхности. Преимущество этого метода заключается в том, что при содержании добавок всего 1-4% улучшаются эксплуатационные и специальные характеристики как самих порошков, так и ЭК на их основе, т.к. при этом увеличиваются равномерность распределения добавок в объеме составов и поверхность их контакта.

Основываясь на электрохимических свойствах циркония, титана и ряда металлов, имеющих переменную валентность, в данной работе были получены покрытия на основе железа, меди, никеля. Основное назначение этих покрытий – изменение полноты окисления при низкотемпературном окислении, увеличение теплопроводности поверхностного слоя, снижение коэффициента трения, влияние на процесс разложения окислителя и полноту окисления исследуемых металлических порошков.

Учитывая химические свойства циркония, титана и их оксидов, а также свойства тех солей, которые можно получить на поверхности частиц циркония, были выбраны оксигидратные покрытия, которые могут образовываться при обработке порошка циркония и титана в растворах фторидов аммония при комнатной температуре.

Проведенные исследования показали, что окисление модифицированных порошков циркония происходит по параболическому закону. При этом обработка порошков циркония во фторидно-фосфатных растворах (содержание фосфора в покрытии 0,1%), а также использование металлических покрытий на основе меди (1,0-2,3%), железа (1,0-2,0%) и никеля (1,1-2,1%) приводит к снижению степени их окисления в 1,5-2,6 раза по сравнению с исходным порошком при температуре 670 К, причем никелевое покрытие в большей степени защищает поверхность циркония от окисления.

Исследования процесса окисления модифицированных порошков циркония методом дифференциально-термического анализа при температурах до 1100 К показали, что модифицированные порошки циркония в меньшей степени окисляются до температур 1000 К. Заметное окисление исходного кальциетермического порошка циркония начинается при температуре 570 К, интенсивно процесс проходит при температуре 690÷700 К и заканчивается при температуре 1100 К. Температура начала окисления модифицированных порошков циркония на 20÷60 градусов выше, чем у исходного циркония, причем порошок циркония, содержащий фторидно-фосфатное покрытие, начинает окисляться при более высокой температуре, чем порошки циркония, покрытые никелем.

Таким образом, исследования по влиянию природы, содержания и способа введения модифицирующих добавок на полноту окисления порошков циркония, энергию активации их окисления показали, что металлические и фторидно-фосфатные

покрытия выполняют функции термодиффузионного барьера на пути проникновения атомов кислорода через оксидную пленку металла.

Природа и содержание легирующих добавок оказывают существенное влияние на кинетику окисления титана. Рентгеноструктурным анализом установлено, что при содержании до 55% никеля в сплаве с титаном продукт окисления представляет собой рутил, т.е. минерал, кристаллическая решетка которого образована ионами кислорода и четырехвалентными ионами титана и который является полупроводником *n*-типа с избытком электронов. Никель, имея меньшую валентность, чем титан, ухудшает защитные свойства оксидной пленки и тем самым резко увеличивает воспламеняемость титана, хотя сам в условиях проведенных экспериментов не воспламеняется.

Степень окисления титана, модифицированного никелем химическим способом, в 1,3-2,0 раза выше по сравнению с не модифицированным порошком. При этом температура начала заметного окисления снижается на 50-100 К, а с увеличением содержания никеля до 6-8% - на 200 К, а энергия активации процесса окисления порошков титана, содержащих никель, снижается в 1,1-1,3 раза по сравнению с исходным в зависимости от способа введения модифицирующей добавки. Энергия активации процесса окисления порошков титана, обработанных фосфатами металлов, увеличивается в 1,2-1,3 раза по сравнению с исходным образцом.

При нанесении покрытия железа на частицы алюминия определяющими параметрами являются концентрация серноокислого железа (II) и время обработки.

Для получения порошка алюминия (среднемассовый размер около 3,5 мкм) с содержанием модификатора 1-2 % время эксперимента должно составлять 20-50 мин при концентрации 10 г/л сульфата железа.

Для получения модификатора с требуемой концентрацией 1-2 % время эксперимента должно составлять 20-25 мин при концентрации 20 г/л сульфата железа. При этом модификатор (предположительно железо, или его оксид) высаживается преимущественно на частицах порошка, образуя покрытия островкового типа. Высаживание модификатора между частицами практически не наблюдается.

Установлено, что с увеличением массовой доли солей железа в растворе, а также времени обработки порошка увеличивается массовая доля модификатора как в покрытии островкового типа, так и высаживающегося между частицами порошка размером 5 микрон.

В отличие от химических способов модифицирования при использовании плазмохимического метода железо высаживается на поверхности алюминия в количестве 0,9 ч. и 2,5 ч. (массовых долей) соответственно для плазмообразующих газов аргона и смеси аргон-пропан. Отсюда следует, что добавление углеродсодержащих газов приводит к увеличению содержания железа в покрытии.

Таким образом, разработаны новые нетрадиционные решения по модифицированию высокодисперсных порошков алюминия, циркония и титана, а также оптимизированы технологические параметры разработанных способов высаживания железа на поверхности частиц алюминия.

Установлено, что железо можно высаживать на поверхности алюминиевых порошков химическим и плазмохимическим методами. При этом из растворов железения химическим способом можно получать покрытия островкового типа в виде нанобъектов. При обработке порошков алюминия низкотемпературной плазмой количество железа в порошке в виде покрытия на поверхности металла зависит от природы плазмообразующего газа, его расхода, температуры плазмы, а также природы и содержания модифицирующей добавки. Водород, углерод и оксид углерода (II) являются хорошими восстановителями, при этом температура плазмы должна быть ниже температуры плавления металлов в порошке и в покрытии, а расход газа определяет его количество в зоне реакции.

Список литературы:

1. Стороженко П.А., Гусейнов Ш.Л., Малашин С.И. Нанодисперсные порошки: методы получения и способы практического применения // Российские нанотехнологии, 2009, Т.4, №1-2, с.27- 39. ГНЦ РФ «ГНИИХТЭОС»
2. Павловец Г.Я., Милехин Ю.М., Мелешко В.Ю. и др. Способы получения и подготовки к применению ультра- и нанодисперсных металлических горючих и модификаторов горения энергетических конденсированных систем. В кн. Нанокондиты: исследование, производство, применение // Под ред. Берлина А.А. и Ассовского И.Г. М, ТОРУС ПРЕСС, 2004. С. 93-95.
3. Энергетические конденсированные системы. Краткий энциклопедический словарь. Под ред. Б.П. Жукова. – М.: Янус-К, 1999. – 596 с.

**METHODS OF MODIFICATION OF HIGHLY DISPERSED COMPONENTS
ENERGY-INTENSIVE COMPOSITIONS**

G.Ya. Pavlovets¹, V.Y. Meleshko¹, T.V. Berdikova²

¹*Institute of chemical physics. N. N. Semenova RAS, Moscow, Russia,
e-mail: g.pavlovets@yandex.ru*

²*Kazan national research technological University, Kazan, Russia,
e-mail: burdickova@yandex.ru*

Abstract

The possibility of increasing the energy-mass characteristics of energy-intensive compositions by replacing metal fuels of the same nature with more energy-intensive and increasing their mass content in the compositions due to chemical and plasma-chemical modification of metal powders is considered. New unconventional solutions for the modification of highly dispersed powders of aluminum, zirconium and titanium have been developed, as well as the technological parameters of the developed methods of iron deposition on the surface of aluminum particles have been optimized.

**КОНТРОЛЬ БИОРЕСУРСНОГО СОСТОЯНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ РАЙОНОВ
ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫХ МОРЕЙ СРЕДСТВАМИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ
ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ**

С.Я. Пак¹; А.И. Абакумов²

*ФГБУН Институт автоматизации и процессов управления ДВО РАН,
Владивосток, 690041, Россия, e-mail: ¹packsa@iacp.dvo.ru, ²abakumov@iacp.dvo.ru*

Важной частью экологического мониторинга является оценка биоресурсного статуса водного объекта и перспектив поддержания жизнеспособности его экосистемы. Для построения такого рода оценок необходимы методы получения данных, пригодные для охвата больших по площади территорий и обработки достаточного числа наблюдений в единицу времени. Стремительное развитие методов спутникового мониторинга позволило визуализировать распределение хлорофилла по поверхности мирового океана. Тем не менее, ряд наблюдений [1,2] свидетельствует о том, что основная биомасса фитопланктона довольно часто сосредоточена гораздо ниже приповерхностного слоя. Это подтверждено также многочисленными подспутниковыми измерениями [3,4]. В работе предлагается метод оценки интегральной биомассы фитопланктона в пределах заданного географического объекта методами математического моделирования.

Вертикальная модель биомасс. Основой составления вертикальных оценок биомассы фитопланктона в неподвижном столбе воды под единицей поверхности является стационарная модель функционирования фитопланктона. Общий вид модели следующий.

$$\frac{dy}{dx} = \left[\frac{d\mu}{dx} - e(y)y \right], \quad \frac{dz}{dx} = \nu p(y, y_0)z, \quad \frac{dI}{dx} = -k(y, z)I, \quad (1)$$

где $y(x)$ – плотность биомассы фитопланктона (г/м^3);

$z(t, x)$ – плотность массы минеральных веществ (г/м^3);

$I(t, x)$ – освещенность поверхности океана и ее распределение по глубине x .

Основные допущения модели:

1. Функционирование происходит в фиксированный момент времени, то есть в неподвижном столбе воды. Гидрологические эффекты нивелированы.

2. Функция приспособленности [5] совпадает с удельной скоростью роста биомассы фитопланктона $\mu(z, I, \theta) = \mu_0 \cdot \mu_z(z) \cdot \mu_I(I) \cdot \mu_\theta(\theta)$, интерпретируемой как скорость роста сообщества.

3. Имеет место обратное влияние фитопланктона на концентрацию питательных веществ (пищевой стимул).

Использование данных дистанционного зондирования. Модель (1) представляет собой систему обыкновенных дифференциальных уравнений. Искомые функции дифференцируемы по глубине. В качестве начальных условий предложено использовать биологическую информацию о состоянии верхнего (до 10 м) водного слоя. Данные собираются дистанционными методами. На заданный географический район наносится равномерная сетка с некоторым разрешением, в узлах которой регистрируется отклик спутникового сигнала. После соответствующей интерпретации [6] значения удельных концентраций хлорофилла, поверхностной температуры и освещенности могут быть использованы для расчета интегральной биомассы в любой точке с известными координатами посредством решения системы (1). В нашем исследовании соответствующие данные были предоставлены центром коллективно-

го пользования регионального спутникового мониторинга окружающей среды (ИАПУ ДВО РАН, Владивосток).

Очевидно, что для реализации вертикальной модели необходимо знать географическую глубину, соответствующую заданным координатам. Карта глубин может быть построена на основе топографического материала, например, путем оцифровки растрового изображения карты с известным масштабом. Современное программное обеспечение располагает средствами, позволяющими преобразовывать полученные изолинии в регулярную сетку, согласованную со спутниковыми данными. Оцифровка и преобразование топографической информации производилась лабораторией машинной графики ФГБУН ИАПУ ДВО РАН с помощью пакетов Vextractor (<http://www.vextrasoft.com>) и Surfer 14 (Golden Software <http://www.goldensoftware.com>).

Японское море. Одним из объектов применения построенной модели (1) является Японское море, а именно участок со 127° по 142° восточной долготы и с 34° по 47° северной широты.

Опираясь на биогеографическую дифференциацию Японского моря [7], можно определить температуру как внешний регулирующий фактор с помощью функции вида $\theta(t,x)$ такой, что

$$\begin{aligned} &\text{при } 0 \leq x \leq x_1^o(t, \eta), \theta(t,x) = \theta_0(t), \\ &\text{при } x_1^o(t, \eta) \leq x \leq x_2^o(t, \eta) \theta(t, x) = \varphi(x, x_1^o(t, \eta), x_2^o(t, \eta), \theta_0(t), \theta_d), \\ &\text{при } x_2^o(t, \eta) \leq x \leq \bar{x}, \theta(t,x) = \theta_b(t), \end{aligned}$$

где $\theta_0(t)$ - температура на поверхности,

$\theta_b(t)$ - температура на глубине $\bar{x}=100$ м.

Для определения границ сезонного термоклина вводится некоторая функция

$\varphi(x; x_1, x_2, y_1, y_2) = y_1 + (y_2 - y_1) \frac{x - x_1}{x_2 - x_1}$ и переменная $\eta = \lambda - \zeta$, где λ и ζ - долгота и широта исследуемой точки в Японском море соответственно.

Таким образом, мы определили функцию изменения температуры по глубине в зависимости от сезона и географического местоположения наблюдаемой зоны Японского моря. Значения прочих параметров системы взяты в соответствии с [8,9].

Первичная продукция. Решение задачи Коши позволяет рассчитать интегральную массу фитопланктона во всем столбе воды. Предполагая, что хлорофилл занимает в нем уже известную нам долю, можно перейти к интегральной массе хлорофилла, а значит, построить некоторые оценки первичной продукции во всем водном объеме. Решая эту задачу, мы воспользовались следующей общепринятой концепцией:

$$P = V \times P^B,$$

где P – первичная продукция на единицу объема,

V - масса хлорофилла,

P^B - ассимиляционная функция.

Для вычисления P^B была использована зависимость Платта [10], а также данные работы [11] – для уточнения параметров ассимиляционной функции.

Оценки суммарной годовой продукции на всей акватории, доступной спутниковому наблюдению, представлены на рис.1.

Сравнение модельных показателей первичной продукции исследованиями, опубликованными в печати [12], свидетельствует в пользу пригодности модели (1) для построения прогнозных оценок общей биомассы и первичной продукции в любом географическом районе, доступном для спутниковой обработки.

Более качественные результаты могут быть получены при условии систематизированного сбора контактных данных в том или ином регионе наблюдения, а также

уточнении интервалов погрешностей, которые допускают стандартные алгоритмы интерпретирования спутниковой информации.

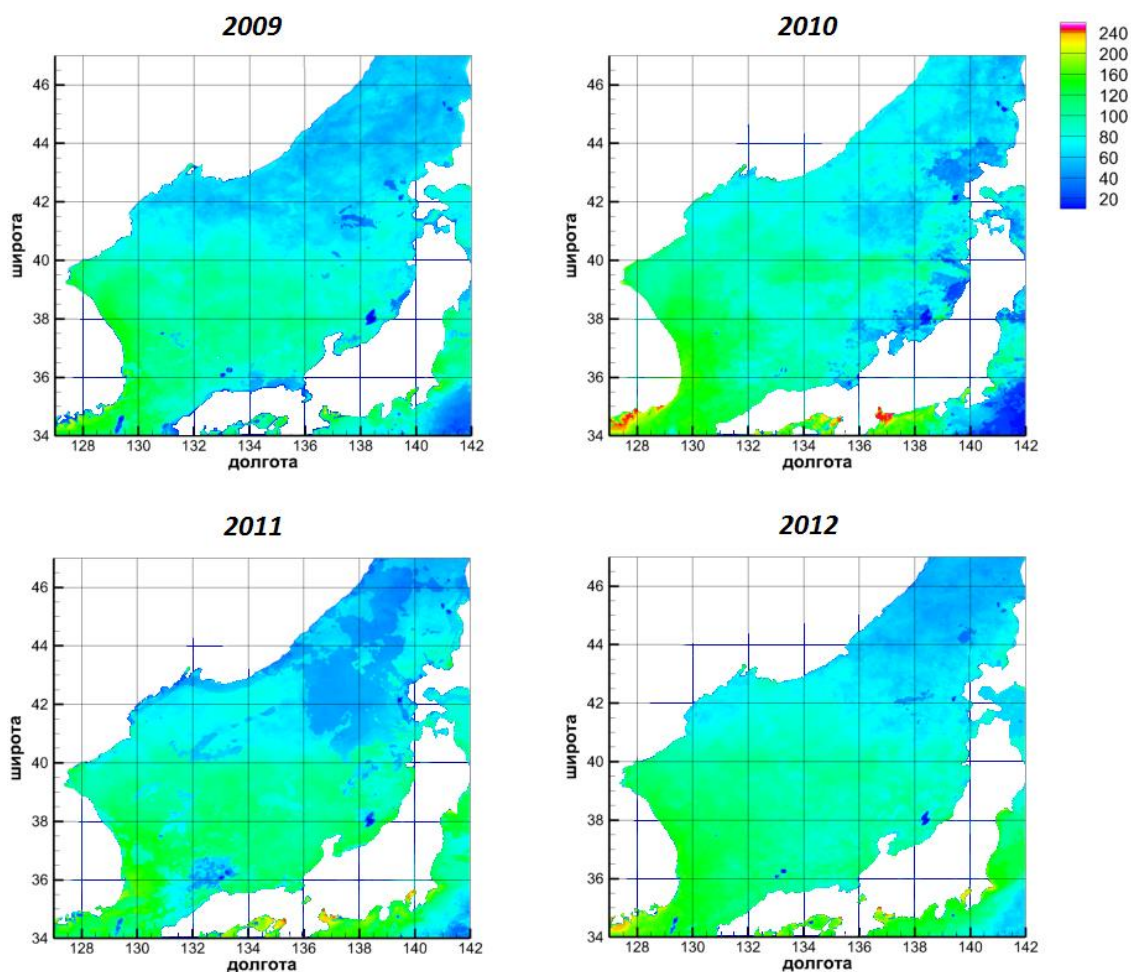


Рис. 1. Оценки годовой первичной продукции Японского моря ($\text{гС м}^{-2}\text{год}^{-1}$).

Работа выполнена при поддержке Российского Фонда Фундаментальных исследований в соответствии с исследовательским проектом № 18-01-00213.

Исследование поддержано грантом Комплексной программы фундаментальных научных исследований «Дальний Восток» (проект № 18-5-051).

Список литературы:

1. Лепская Е.В. Распределение фитопланктона в акватории северной части западнокамчатского шельфа в середине лета 2008 г. // Исследования водных биологических ресурсов камчатки и северо-западной части тихоого океана. – 2016. – № 42. – С. 71-77.
2. SA Klausmeier, E Litchman. Algal games: The vertical distribution of phytoplankton in poorly mixed water columns // *Limnology and Oceanography*. – 2001. – 46 (8), – P. 1998-2007.
3. O'Reilly, John E. and Zetlin, Christine (1998) Seasonal, horizontal, and vertical distribution of phytoplankton chlorophyll a in the Northeast U.S. Continental Shelf Ecosystem. Seattle, WA, NOAA/National Marine Fisheries Service, (NOAA Technical Report NMFS, 139).
4. Финенко З.З., Чурилова Т.Я., Ли Р.И. Вертикальное распределение хлорофилла и флуоресценции в Чёрном море // *Морской экологический журнал*. – 2005. – Т.4, № 1. – С.15-45.
5. Полуэктов Р.А., Пых Ю.А., Швытов И.А. Динамические модели экологических систем. – Л.: Гидрометеиздат, 1980.

6. Aleksanin A.I., Kim V., Orlova T.Y. et al. Phytoplankton of the Peter the Great Bay and its remote sensing problem // *Oceanology*. – 2012. – Vol. 52. N 2. – P. 219-230.
7. Добровольский А. Д., Залогин Б. С. Моря СССР. – М.: Изд-во МГУ, 1982.
8. Tanaka Y., Mano H. Functional traits of herbivores and food chain efficiency in a simple aquatic community model // *Ecol. Modelling*. – 2012. – Vol. 237/238. – P. 88–100.
9. Abakumov A.I., Izrailsky Y.G. Environment influence on the phytoplankton distribution in a basin // *Math. Biology and Bioinformatics*. – 2012. – Vol. 7, N 1. – P. 274–283.
10. Platt T., Caverhill C., Sathyendranath S. Basin-scale estimates of oceanic primary production by remote sensing: The North Atlantic // *Journal of Geophysical Research: Oceans* (1978–2012). – 1991. – Vol. 96, Is. C8. – P. 15147-15159.
11. Grangere K., Lefebvre S., Menesguen A., Jouenne F. On the interest of using field primary production data to calibrate phytoplankton rate processes in ecosystem models // *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. – 2009. – Vol. 81. – P. 169-178.
12. Fu G., Baith K. S., McClain C. R. SeaDAS: The SeaWiFS Data Analysis System // *Proceedings of the 4th Pacific Ocean Remote Sensing Conference*. – Qingdao, China, 1998. – P. 73-79.

**MONITORING OF THE BIORESOURCE CONDITION OF CERTAIN AREAS
OF THE FAR EASTERN SEAS BY MEANS OF MATHEMATICAL
MODELING USING SATELLITE DATA**

S.Ya. Pak¹; A.I. Abakumov²

*Institute of Automation and Control Processes, Far Eastern Branch of the Russian
Academy of Sciences, Vladivostok, 690041, Russia,
e-mail: ¹packsa@iacp.dvo.ru, ²abakumov@iacp.dvo.ru*

Abstract

Models of phytoplankton functioning in a fixed column of water are proposed. Based on the numerical solution of the proposed model and remote sensing data, the integrated phytoplankton biomass was calculated, the long-term dynamics of averaged indicators of primary production in the entire photic layer were constructed and the annual primary production in the water area of the Sea of Japan was estimated.

ОБЗОР ПОДХОДОВ К РАДИАЦИОННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОМУ МОНИТОРИНГУ В РАЙОНАХ РАЗМЕЩЕНИЯ РАДИАЦИОННО-ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ

А.В. Панов; Н.И. Санжарова; С.И. Спиридонов; В.К. Кузнецов; Д.Н. Курбаков
ФГБНУ ВНИИРАЭ, г. Обнинск, 249032, Россия, e-mail: riar@mail.ru

В Российской Федерации для обеспечения радиационной безопасности человека и окружающей среды при использовании атомной энергии, разработана и внедрена в практику обширная правовая и нормативная база, включающая: законодательные акты и приказы; санитарные правила и нормы; руководящие документы; методические указания и рекомендации, инструкции; ГОСТы, ОСТы, строительные нормы и правила, а также ряд других [1]. С целью контроля за выполнением требований законодательства создана **система государственного мониторинга радиационной обстановки** на территории РФ [2]. Основные функции по ведению этой системы возложены на ГК «Росатом» и Минприроды России, а именно Росгидромет. Для своевременного выявления изменений радиационной обстановки, оценки, прогнозирования и предупреждения возможных негативных последствий радиационного воздействия для населения и окружающей среды государственная система мониторинга функционирует в виде **Единой государственной автоматизированной системы мониторинга радиационной обстановки – ЕГАСМРО** (ранее ЕГАСКРО) [3]. Эта система предназначена для информационной поддержки деятельности органов государственной власти и управления всех уровней по обеспечению радиационной безопасности на территории Российской Федерации и объединяет ведомственные и территориальные системы радиационного контроля в единую систему мониторинга посредством интернет-каналов связи (<http://egasmro.ru>). С 2008 г. на предприятиях ГК «Росатом» создается **система объектного мониторинга состояния недр** (ОМСН) для оценки экологической безопасности при эксплуатации и выводе из эксплуатации радиационно-опасных объектов (РОО), а также обоснования управляющих и проектных решений, направленных на снижение воздействия РОО на человека и окружающую среду [4]. В систему ОМСН входит не только мониторинг недр, но и почв, поверхностных вод, донных отложений, т.к. через них загрязнители могут проникать в недра. На стадии эксплуатации РОО, в соответствии с нормативными документами (ГОСТ Р 56059-2014, РД ЭО 0604-2005 и др.), проводятся **производственный экологический мониторинг** (ПЭМ) и контроль, осуществляемые отделами радиационной безопасности и охраны окружающей среды предприятий ЯТЦ [5]. Помимо текущего контроля за радиационной обстановкой в рабочих помещениях РОО и на его площадке, оценки доз внешнего и внутреннего облучения персонала предприятия, ПЭМ проводится для контроля за соблюдением законодательства в области охраны окружающей среды, т.е. доказательства непревышения допустимых уровней содержания техногенных радионуклидов в компонентах природной среды в результате выбросов и сбросов с РОО. Система радиационно-экологического мониторинга РОО описана отраслевыми нормативными документами, однако она имеет обобщенный характер. Поэтому каждая организация или ведомство, руководствуясь общими подходами, разрабатывает свою программу мониторинга в соответствии с решаемыми задачами, а также с учетом типа реактора или установки, выбросов и сбросов радионуклидов при нормальной эксплуатации и в случае аварии, особенностей расположения РОО и хозяйственного использования территории в зоне наблюдения, исторических данных об объекте, географических, природно-климатических, и других условий.

Радиационно-экологический мониторинг (РЭМ) – это комплекс системных, многолетних наблюдений за изменениями в окружающей среде, позволяющих выявить возможное влияние РОО на человека и биоту при нормальной эксплуатации объекта, и оценить текущий уровень его экологической безопасности. Полученные в результате мониторинга данные должны быть достаточными для разработки управленческих решений по исключению либо снижению до уровня, определенного нормативными документами, возможного негативного влияния РОО на окружающую среду. Разработка программы и регламента мониторинга в регионе размещения РОО проводится на основе отечественной правовой и нормативной базы с учетом международных рекомендаций [6]. РЭМ включает в себя наблюдения за радиоактивностью объектов окружающей среды и радиационной обстановкой на местности с использованием набора средств и методов контроля при одновременном учете природных параметров состояния окружающей среды в регионе размещения РОО [7]. Другим наиболее важным направлением обеспечения радиационной безопасности человека является **радиационно-гигиенический мониторинг (РГМ)**. Исторически эта система мониторинга сложилась из комплексного анализа данных, получаемых от учреждений Государственного санитарного надзора и научных центров по результатам проводимого ими мониторинга вокруг РОО, мониторинга выпадений продуктов ядерных взрывов и мониторинга после Чернобыльской аварии. В последние годы к этой системе добавились данные результатов радиационно-гигиенической паспортизации организаций и территорий [8]. Радиационно-гигиенический мониторинг включает оценку:

- радиационно-гигиенических параметров среды обитания (воздух и выпадения, почва, вода открытых и подземных источников);
- структуры пищевого рациона населения (по данным обследования домохозяйств);
- содержания радионуклидов в пищевом рационе и питьевой воде;
- эффективных и накопленных доз облучения персонала и населения (от природных и техногенных источников).

Результаты радиационно-гигиенического мониторинга используются в **социально-гигиеническом мониторинге (СГМ)** – системе наблюдения, оценки и прогноза состояния здоровья населения, а также определения причинно-следственных связей между здоровьем человека и воздействием на него факторов среды обитания для принятия мер по устранению вредного воздействия [9]. Именно эта система мониторинга позволяет установить корреляционные зависимости влияния факторов риска (включая радиационный) на здоровье населения на основе мониторинга показателей заболеваемости (включая детской), социально-экономических, качества среды, качества и безопасности пищевых продуктов.

Развитием систем РГМ и СГМ является **проспективный мониторинг** в котором оценивается состояние здоровья персонала РОО и населения, проживающего в регионе размещения объекта, включая разработку и проведение мероприятий по повышению медико-социальной защищенности человека [10]. Данный вид мониторинга направлен на совершенствование системы медико-санитарного обеспечения; оказания адресной помощи группам повышенного, с точки зрения облучения, риска; реабилитации персонала и населения, подвергшегося воздействию профессионального и техногенного облучения.

Поскольку многие РОО расположены в регионах интенсивного ведения агропромышленного производства, а производимая на этих территориях сельскохозяйственная продукция может являться значимым источником поступления радионуклидов в организм человека и формирования дозы внутреннего облучения, в зоне влияния РОО ведется **система агроэкологического мониторинга** по специальным программам, учитывающим региональные особенности ведения сельского хозяйства

[11]. Данный вид мониторинга проводится на сети контрольных участков аграрных экосистем в пределах зоны наблюдения вокруг РОО, но большая их часть сконцентрирована в зоне 5-10 км.

При анализе возможного негативного воздействия РОО на окружающую среду используются результаты *биологического мониторинга* – оценки благополучного функционирования экосистем на основе изучения биоты (живых организмов). Данный вид мониторинга включает в себя два направления. Во-первых, это оценка биоразнообразия в регионе размещения РОО и анализ его изменения. В рамках этого вида мониторинга проводятся флористические и фаунистические исследования, которые включают: оценку видового разнообразия, количественный состав и биомассу, физиологическое состояние, пространственное распределение, особенности миграции, оценку видов животных и растений, занесенных в Красные книги (федеральную и региональные). Определяются хозяйственно ценные виды. Второе направление биологического мониторинга, это – биоиндикация, т.е. оценка ответных реакций компонентов наземных и водных экосистем (организмов индикаторов) на радиационное воздействие. В качестве таких ответных реакций могут рассматриваться: изменения репродуктивных функций, морфологии, флуктуирующая асимметрия и др. Развитием биологического является *экологический мониторинг* в рамках которого оценивается состояние абиотической компоненты биосферы и антропогенных изменений в экосистемах, обусловленных воздействием техногенного загрязнения (включая радиационный фактор), сельскохозяйственным использованием земель, урбанизацией [12]. Данный вид мониторинга входит в радиационно-экологический поскольку позволяет комплексно оценить состояние экосистем под воздействием антропогенного влияния.

В последние годы при проведении РЭМ получил развитие *комплексный подход*, в рамках которого предложено проводить мониторинг всех экосистем и всех видов загрязнителей (радиационной и нерадиационной природы) вне зависимости от источника на основе районирования территории зоны наблюдения по ландшафтно-геохимическим и физико-географическим характеристикам, типизации почв, структуры землепользования и формирования с учетом этого сети пунктов наблюдения [13]. Такой подход дает возможность изучить и количественно описать миграцию загрязняющих веществ, выявить места их возможного накопления, определить преимущественные пути миграции токсикантов по пищевым цепям, включая сельскохозяйственные, влияние их на дозовые нагрузки человека, выделить критические экосистемы и организмы.

Системы радиационно-экологического мониторинга в регионах размещения РОО базируются на научных междисциплинарных исследованиях. В зависимости от целевых установок конкретных систем затрагиваются сферы радиационной безопасности, дозиметрии, радиоэкологии, радиационной гигиены, медицинской радиологии, биологии, экологии, агроэкологии и других наук. В ряде случаев мониторинг объектов окружающей среды выполняется только с точки зрения безопасности человека. Согласно современным представлениям, РЭМ должен оценивать компоненты окружающей среды с двух позиций: санитарно-гигиенической, где в основе лежит соблюдение радиологических нормативов для населения и экологической, где объектом радиационной защиты является биота. Радиационный фактор при эксплуатации РОО является ведущим (особенно в случае аварии) однако при полноценной оценке экологической ситуации следует учитывать воздействия на окружающую среду и человека всех негативных факторов.

Анализируя пути развития систем радиационно-экологического мониторинга в районах размещения РОО, можно выделить ряд общих вопросов организационного, научно-методического и информационно-технологического плана, требующих решения. При организации комплексного РЭМ необходимо избежать дублирования

работ, выполняемых различными ведомствами. Для формирования предложений по этому вопросу необходимо провести детальный анализ существующих систем, нацеленных на получение радиоэкологической информации. Комплексный РЭМ может интегрировать элементы различных систем мониторинга на основе межведомственного взаимодействия (ГК «Росатом», Росгидромет, Роспотребнадзор, Минздрав, Минсельхоз, Рослесхоз и др.).

В силу того, что объекты радиационно-экологического мониторинга и окружающая среда в районах их размещения могут существенным образом различаться, конкретные программы РЭМ должны разрабатываться с учетом особенностей каждого РОО и региональной специфики. Необходимо обеспечить, с одной стороны, представительность и обоснованность результатов РЭМ, а, с другой – избежать излишних финансовых затрат на проведение мониторинга. Возможным путем снижения стоимости мониторинговых работ является фокусировка усилий на “критических” (наиболее значимых с радиоэкологической точки зрения) экосистемах, природных объектах, путях облучения. Например, в случае наибольшего вклада перорального пути поступления радионуклидов в организм человека в суммарную дозовую нагрузку на население, целесообразно проводить агроэкологический мониторинг для получения данных, характеризующих накопление радионуклидов в продуктах питания.

Таким образом, оптимизационные подходы к организации конкретных систем РЭМ должны учитывать характеристики РОО, радиоэкологическую обстановку на прилегающей территории и природно-климатические особенности региона. На начальных этапах разработки программы РЭМ необходимо обратить внимание на широкий набор показателей, описывающих экосистемы и ландшафты в регионе размещения РОО, физико-химические свойства радионуклидов в составе выбросов и сбросов, пути их миграции в экосистемах, сочетанное действие загрязнителей разной природы. Результаты детального анализа существующих систем РЭМ и накопленной радиоэкологической информации, а также разработанные методические подходы к оптимизации процедур мониторинга будут являться основой создания информационно-программных комплексов, включающих ГИС, прогностические модели, базы данных, а также системы поддержки принятия решений в случае нештатных и аварийных ситуаций. Современные компьютерные средства играют ключевую роль при систематизации и хранении данных, расчетных оценках и анализе результатов радиационно-экологического мониторинга.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (соглашение №18-19-00016).

Список литературы:

1. Радиоэкологическая экспертиза и радиационные измерения: учеб. пособие: в 2 ч. / под общ. ред. А.А. Касьяненко. Ч. I: Правовые, нормативные, теоретические и прикладные основы / А.А. Касьяненко, Г.А. Кулиева, Т.Н. Лащенко. – Москва: РУДН. – 2016. – 252 с.: ил.
2. Постановление Правительства РФ от 10 июля 2014 г. №639 «О государственном мониторинге радиационной обстановки на территории Российской Федерации».
3. Косых В.С., Сарычев С.А. Современные программно-технические средства для решения оперативных задач радиоактивного мониторинга / Радиоактивность после ядерных взрывов и аварий: последствия и пути преодоления. Сб. тр. конференции, Обнинск, 19-21 апреля 2016 г. Обнинск, 2016. С. 223-230.
4. Объектный мониторинг состояния недр на предприятиях атомной отрасли / Под ред. В.А. Ветрова. – М.: Б.С.Г.-Пресс, 2015. – 264 с.
5. Симаков А.Ю. Организация радиационного контроля в районе размещения Ростовской АЭС // Глобальная ядерная безопасность. 2012. №2-3(4). С. 8-12.

6. Environmental and Source Monitoring for Purposes of Radiation Protection. IAEA Safety Standards for Protecting People and the Environment. Safety Guide RS-G-1.8. Vienna, 2005. – 136 p.
7. Руководство по методам контроля за радиоактивностью окружающей среды / Под. ред. И.А. Соболева, Е.Н. Белева. – М.: Медицина, 2002. – 432 с.
8. Ильин Л.А., Савкин М.Н., Шандала Н.К. Состояние и перспективы мониторинга радиационно-гигиенической обстановки в районах расположения АЭС // Бюллетень по атомной энергии. 2004. №4. С. 56-62.
9. Постановление Правительства РФ от 02 февраля 2006 г. №60 «Об утверждении положения о социально-гигиеническом мониторинге».
10. Аклеев А.В., Кошурникова Н.А., Киселев М.Ф., Азизова Т.В., Буртовая Е.Ю., Гриценко В.П., Дегтева М.О., Димов Г.П., Крестинина Л.Ю., Куропатенко Э.С., Мокров Ю.Г., Пряхин Е.А., Романов С.А., Старцев Н.В., Трапезников А.В., Шандала Н.К. Концепция проспективного мониторинга состояния здоровья персонала АЭС и населения, проживающего вблизи АЭС // Медицина экстремальных ситуаций. 2011. №1(35). С. 5-21.
11. МУ 13.5.13-00. Организация государственного радиоэкологического мониторинга агроэкосистем в зоне воздействия радиационно-опасных объектов. – М.: Изд-во РАСХН, 2000. – 28 с.
12. Руководство по методам контроля за радиоактивностью окружающей среды / Под. ред. И.А. Соболева, Е.Н. Белева. – М.: Медицина, 2002. – 432 с.
13. Барбашев С.В., Пристер Б.С. Оценка воздействия Запорожской АЭС на окружающую среду на основе данных комплексного радиоэкологического мониторинга // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. 2017 Т. 28. №6. С. 52-74.

REVIEW OF APPROACHES TO RADIOECOLOGICAL MONITORING IN VICINITY OF RADIATION HAZARDOUS FACILITIES

A.V. Panov, N.I. Sanzharova, S.I. Spiridonov, V.K. Kuznetsov, D.N. Kurbakov
*Russia Institute of Radiology and Agroecology, Obninsk, 249032, Russia,
e-mail: riar@mail.ru*

Abstract

Methodological approaches to the organization of state and departmental systems for monitoring of the environment in radiation hazardous facilities (RHF) vicinity are presented in order to ensure the radiation and ecological safety of population and biota. The necessity of conducting radioecological monitoring at all stages of the life cycle of the RHF, considering the specifics of the facilities, natural and economic features of the region where they are located, as well as the situations of exposure of workers, population and biota, is shown. The directions of radioecological monitoring are determined both at the level of individual facilities (object monitoring, environmental monitoring of production processes) and general approaches to the assessment of the radionuclides influence on population, biota, and ecosystems: radiation hygienic, socio-hygienic, prospective of health, agroecological, biological, and ecological monitoring systems. It is shown that the results of long-term observations of the content of radionuclides in atmospheric air, terrestrial (natural and agrarian), and water ecosystems, form the basis for the assessment of the radiation effect of the RHF on population and biota. Different aspects of radioecological monitoring are analyzed, advantages and disadvantages of methods of its organization are highlighted. It is shown the necessity of optimizing radioecological monitoring in the RHF vicinity and the development of the complex approach to its implementation based on an integrated risk assessment for population and biota from all sources of pollution considering migration pathways of toxicants in critical ecosystems and the influence of radionuclides on exposure doses for population and biota.

УДК 004.94

МОДЕЛИРОВАНИЕ СОЛНЕЧНЫХ ТЕПЛОФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МОДУЛЕЙ РАЗЛИЧНОЙ КОНСТРУКЦИИ

В.А. Панченко

Российский университет транспорта (МИИТ), Москва, 127994, Россия,
e-mail: tu@miit.ru

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, 109428, Россия,
e-mail: vim@vim.ru

Введение. Принцип создания единого устройства, обеспечивающего одновременную выработку электрической и тепловой энергии, представляет собой создание теплофотоэлектрического модуля (ТФЭМ), конструкция которого обеспечивается путём размещения солнечных элементов на нагреваемой поглощающей поверхности плоского солнечного коллектора [1]. Абсорбер в такой конструкции выполняет двойную функцию – во-первых, он охлаждает фотоэлектрическую панель, удаляя избыточную энергию, которая не участвует в выработке электроэнергии, тем самым повышая её эффективность, а во-вторых, производит тепловую энергию.

История развития такого класса устройств насчитывает несколько десятилетий, где показано, что такая комбинированная система является многообещающей конструкцией для дальнейшего развития. В работах [2 – 5] показано, что повышение эффективности теплового преобразования солнечной радиации предполагает высокую рабочую температуру, которая в то же время уменьшает эффективность фотоэлектрического преобразования. Неудивительно, что особо обращается внимание на развитие оптимальной конструкции теплогенерирующей части ТФЭМ, поскольку оптимальная конструкция такого модуля обеспечит высокую эффективность фотоэлектрической установки и высокую выходную тепловую мощность.

Трёхмерное моделирование солнечных теплофотоэлектрических модулей в системе автоматизированного проектирования. В рассматриваемой методике создания моделей солнечных теплофотоэлектрических модулей разрабатываются конструкции модулей стационарной и мобильной энергогенерации, основными отличиями конструкций которых являются количество освещаемых сторон солнечных элементов (одно- и двусторонние) и типы теплосъёма (лицевой, тыловой и двусторонний) (рис. 1 слева). Геометрические параметры, входящих в состав моделей компонентов, оптимизируются в программном комплексе конечно-элементного анализа Ansys [6]. Разработанная методика применяется для создания основных типов солнечных теплофотоэлектрических модулей, которые используются в планарных и концентраторных системах [7] (рис. 1 справа).

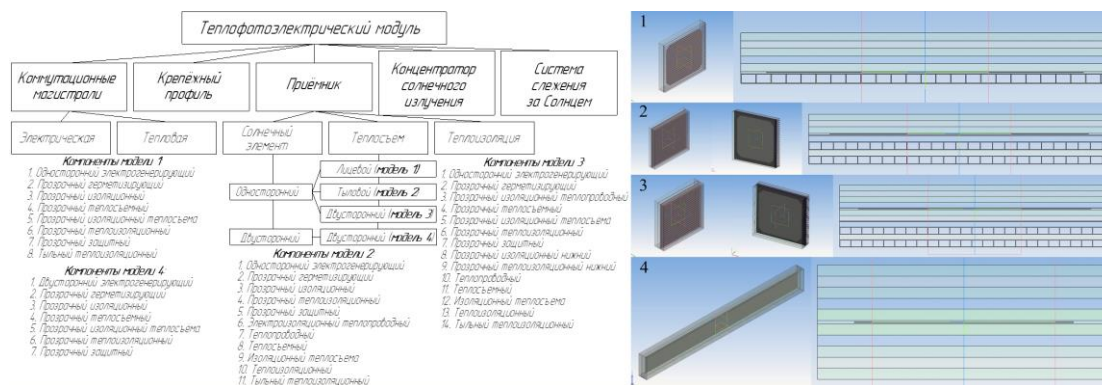


Рис. 1. Схема создания трёхмерных моделей солнечных теплофотоэлектрических модулей с различными лучевоспринимающими сторонами и типами теплосъёма (4 модели модулей) (слева) и созданные модели (справа)

Созданные трёхмерные модели солнечных теплофотоэлектрических модулей на основе разработанной методики необходимо исследовать в системе конечно-элементного анализа (например, Ansys) для визуализации тепловых процессов, происходящих в этих моделях (рис. 2), после чего оптимизировать послойную конструкцию модуля. В разрабатываемой методике программная система Ansys позволяет анализировать трёхмерное отображение тепловых процессов, происходящих в модулях, течение и скорость охлаждающего агента, распределение температур в слоях компонентов, а также производить оптимизацию конструктивных параметров компонентов, входящих в состав этих модулей.

1. Обоснование габаритных размеров модуля	11. Настройка трёхмерной модели, свойств материалов каждого из слоёв (компонентов) и граничных условий в модуле «CFX»	21. Настройка торцевых адиабатных поверхностей модуля
2. Разработка двумерных эскизов в системе автоматизированного проектирования	12. Отключение настройки "Constant Domain Physics" для обеспечения доменов жидкости различными свойствами	22. Задание граничного условия типа "Inlet", которое описывает вход охлаждающего агента
3. Создание трёхмерной твердотельной модели в системе автоматизированного проектирования	13. Создание и настройка всех материалов, используемых в исследуемой конструкции	23. Задание граничного условия типа "Opening", описывающее место свободного истечения
4. Сохранение трёхмерной твердотельной модели в формате Parasolid	14. Указание в "Basic Settings" геометрических тел, входящих в домен, определение фазового состояния вещества домена и выбор материала	24. Выбор типа интерфейса "Interface" и включение теплообмена через него
5. Создание проекта в модуле CFX пакета ANSYS Workbench	15. Настройка в "Solid Models" способ взаимодействия домена с другими доменами	25. Настройка источника теплоты
6. Открытие трёхмерной модели в модуле "Geometry" ANSYS Workbench	16. Выбор из списка "Heat Transfer", "Option" пункт "Thermal Energy", что позволяет домену обмениваться теплом с другими доменами	26. Задание максимального количества итераций в "Solver Control" в "Max. Iterations"
7. Создание расчёта с помощью "Import External Geometry File..."	17. Во вкладке "Initialization" настройка начального состояния системы (начальная температура)	27. Запуск расчета в разделе "Solution" модуля "CFX"
8. Настройка и построение сетки конечных элементов в модуле "Mesh"	18. Во вкладке "Solver Control" настройка решателя	28. Просмотр результатов в разделе "Results" модуля "CFX"
9. Выбор типа решаемой задачи CFD и используемого решателя CFX	19. Настройка интерфейса типа "Symmetry"	29. Отображение эпюр скоростей, давлений, температур и т.п.
10. Задание размеров конечных элементов с помощью разбиений различных сторон слоёв	20. Настройка внешних верхней и нижней поверхности модуля	30. Построение линий тока жидкостей и газов

Рис. 2. Методика визуализации тепловых режимов работы моделей солнечных теплофотоэлектрических модулей с послойной структурой компонентов

Разработанная методика позволяет получать массив значений температур используемых компонентов, которые анализируются и оптимизируются исходя из необходимых выходных параметров модуля (максимальная выработка электроэнергии, максимальная выработка тепловой энергии, максимальная общая эффективность). Моделирование теплового состояния в системе конечно-элементного анализа с получением массива температур позволяет получать более подробную трёхмерную картину теплового состояния модуля, в отличие от двумерного аналитического моделирования, что позволяет сопоставить тепловое состояние всех компонентов и отдельно каждого при различных параметрах.

В качестве примера реализации методики моделирования тепловых процессов представлен модуль, разработанный на основе "Модели 2" в виде теплофотоэлектрической кровельной панели.

Моделирование тепловых процессов и оптимизация послойной структуры солнечного теплофотоэлектрического модуля с лицевой засветкой и тыльным охлаждением ("Модель 2"). Солнечная планарная теплофотоэлектрическая кровельная панель (пример "Модели 2" на рис. 1) [8] состоит из 11 различных компонентов (рис. 1 слева), которые имеют различные физические и геометрические свойства и которые вносятся как исходные данные в моделировании тепловых процессов в системе конечно-элементного анализа.

При последовательном создании и сборке (пример сборки компонентов – "Модель 2" на рис. 1 справа) представленных компонентов с указанными толщинами компонентов (которые оптимизируются впоследствии в системе конечно-элементного анализа), в системе автоматизированного проектирования образуется сборочная единица (рис. 3 слева), с помощью которой можно получить конструкторскую документацию. На рис. 3 снизу видна послойная структура разработанного модуля (базовая "Модель 2" на рис. 1 справа). Толщины различных компонентов впоследствии оптимизируются для изготовления прототипа (рис. 3 справа).

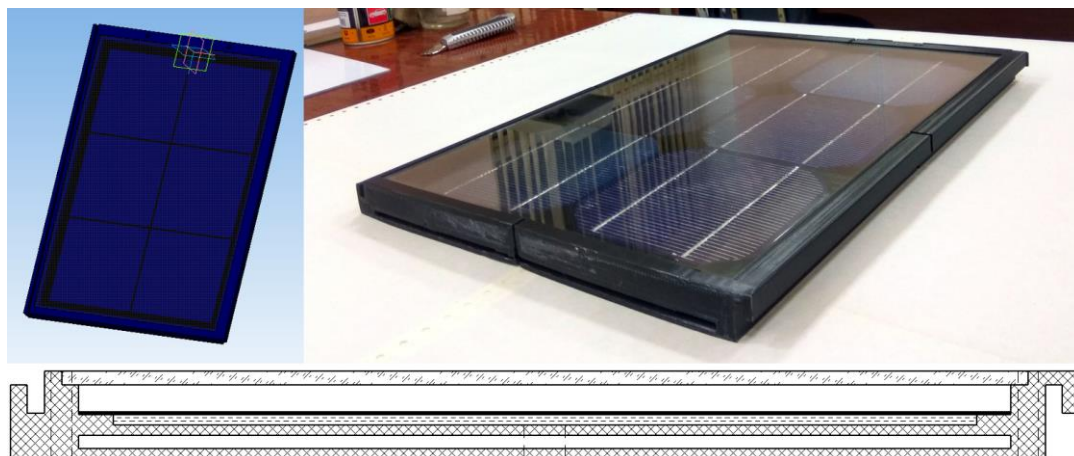


Рис. 3. Трёхмерная модель сборочной единицы планарной теплофотоэлектрической кровельной панели (слева), оптимизированный прототип (справа) и его послойная структура ("Модель 2") (снизу)

В процессе моделирования тепловых режимов работы по разработанной методике испытанию подвергалась в первую очередь узкая срединная часть кровельной панели с расходом теплоносителя (вода) 0,5; 5 и 50 г/с, где оптимизировался газовый зазор от 3 до 9 мм (прозрачный теплоизоляционный компонент) и расход теплоносителя (теплосъёмный компонент) (рис.1 слева – "Компоненты модели 2").

После оптимизации газового зазора (9 мм) и величины расхода теплоносителя (0,5 г/с), испытаниям подвергалась половина симметричной модели кровельной панели (соответствующий модели расход теплоносителя – 1,7 г/с), где визуализировались тепловые поля, линии течения, температуры теплосъёмного и электрогенерирующего компонентов, а также температура модуля в зоне входа и выхода теплоносителя (рис. 4). На основании представленных рисунков создавался массив температур всех компонентов для последующей оптимизации их толщин; анализировалось качество омывания радиатора (теплопроводный компонент) и равномерность линий течения охлаждающей жидкости (теплосъёмный компонент) при различных её расходах; анализировались места перегрева солнечных элементов (односторонний электрогенерирующий компонент) и недогрева теплоносителя, места его застоя в корпусе.

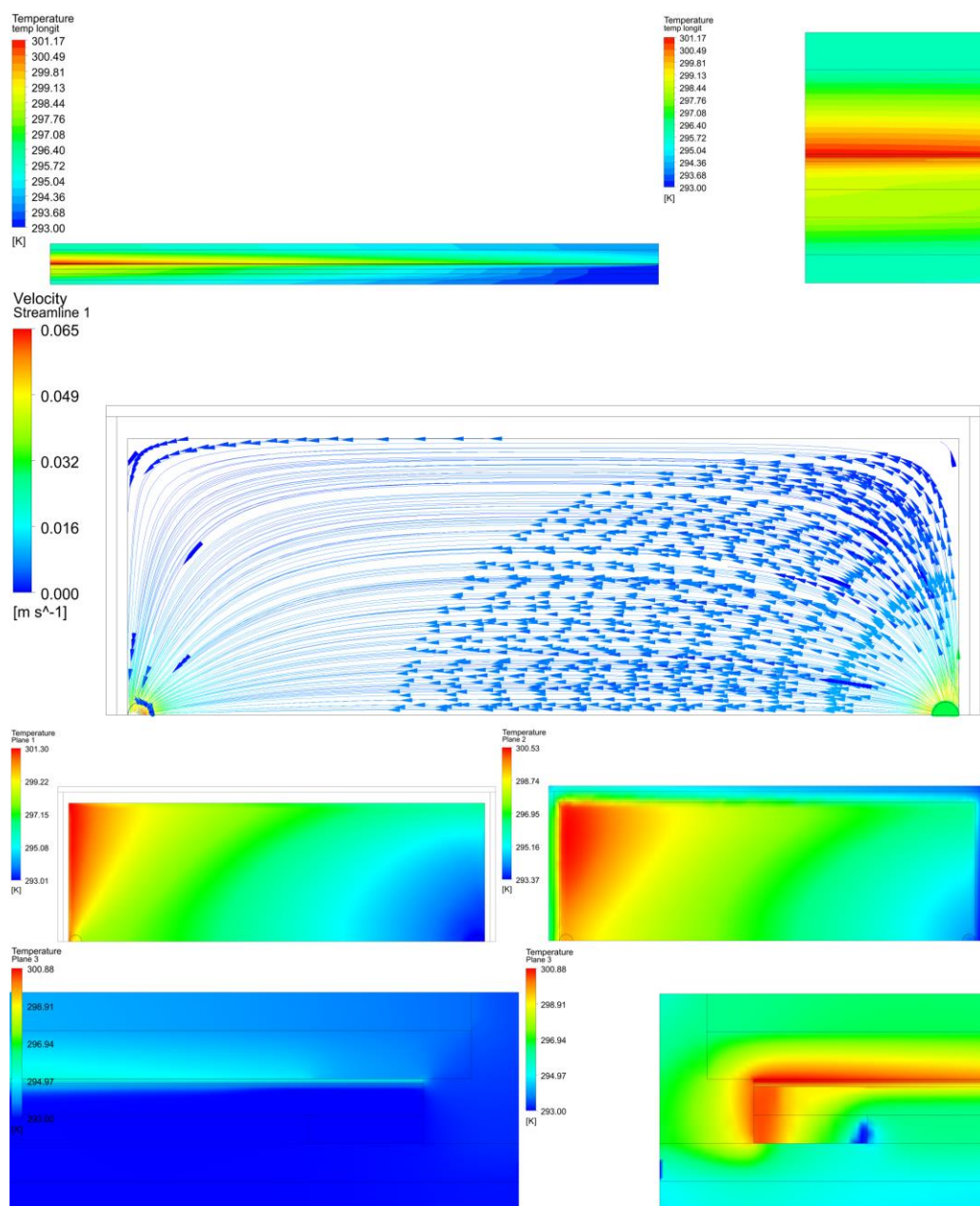


Рис. 4. Сверху вниз: температурные поля модели по компонентам в продольном сечении, линии течения теплоносителя, температуры теплоносителя и солнечных элементов (вид сверху), температуры компонентов в зоне входа и выхода теплоносителя

В результате оптимизации выбран газовый зазор с величиной 9 мм и расход теплоносителя 0,5 г/с для выбранного участка модели. Однако количество исследуемых моделей может быть расширено с увеличением диапазонов геометрических характеристик других компонентов и расхода теплоносителя.

Заключение. Трёхмерное моделирование солнечных теплофотоэлектрических модулей по разработанной методике, реализуемое в системе автоматизированного проектирования, позволяет создавать модули различной конструкции для последующего получения конструкторской документации и определения их тепловых режимов работы.

Разработанная методика теплового расчёта теплофотоэлектрических солнечных модулей с использованием визуализации процессов в системе конечно-элементного анализа Ansys позволяет судить о целесообразности созданной конструкции модуля и проводить оптимизацию его послойной структуры и тепловых режимов работы. Методика позволяет визуализировать и анализировать температурные поля созданной трёхмерной модели, скорость теплоносителя и линии его течения.

Список литературы:

1. Valeriy Kharchenko, Vladimir Panchenko, Pavel V. Tikhonov, Pandian Vasant. Co-generative PV Thermal Modules of Different Design for Autonomous Heat and Electricity Supply // Handbook of Research on Renewable Energy and Electric Resources for Sustainable Rural Development, 2018, pages 86 – 119.
2. Rawat, P., & Debbarma, M.. Saurabh Mehrotra at all. Design, development and experimental investigation of solar photovoltaic/thermal (PV/T) water collector system // International Journal of Science, Environmental Technology, 2014, 3(3), 1173–1183.
3. Sandnes B., Rekstad J. A photovoltaic/thermal (PV/T) collector with a polymer absorber plate: experimental study and analytic model // Solar Energy. 2002. № 72 (1). P. 63-73.
4. Бекиров Э.А., Асанов М.М. Анализ систем водяного охлаждения фотоэлектрических панелей // Строительство и техногенная безопасность № 6 (58) – 2017, с. 55-59.
5. Miroslav Bosanac, Bent Sørensen, Ivan Katic, Henrik Sørensen, Bruno Nielsen, Jamal Badran. Photovoltaic/Thermal Solar Collectors and Their Potential in Denmark. [Электронный ресурс] URL: https://www.ecn.nl/fileadmin/ecn/units/egon/pvt/pdf/EFP1713_00-0014.pdf дата обращения: 04.04.2019).
6. Engineering Simulation & 3D Design Software – ANSYS [Электронный ресурс] URL: <http://www.ansys.com/> (дата обращения: 04.04.2019).
7. Vladimir Panchenko, Valeriy Kharchenko and Pandian Vasant. Modeling of Solar Photovoltaic Thermal Modules // Intelligent Computing & Optimization. Advances in Intelligent Systems and Computing, Volume 866, Springer Nature Switzerland AG 2019, pp. 108 – 116.
8. V. A. Panchenko. Solar Roof Panels for Electric and Thermal Generation // Applied Solar Energy, 2018, Vol. 54, No. 5, pp. 350–353.

**MODELING OF SOLAR PHOTOVOLTAIC THERMAL MODULES
OF VARIOUS DESIGNS**

V.A. Panchenko

Russian University of Transport (MIIT), Moscow, 127994, Russia,

e-mail: tu@miit.ru

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, 109428, Russia,

e-mail: vim@vim.ru

Abstract

The article proposes a method of three-dimensional modeling of solar photovoltaic thermal modules of planar and concentrator structures using computer-aided design system. As a realization of the developed method, a photovoltaic thermal module with one-sided solar cells with one-sided heat removal is presented. For the subsequent study of thermal modes of operation and optimization of the structures of the modules created, a method for visualizing thermal processes using the Ansys finite element analysis system has been developed. With the help of the developed method, the temperature fields of the modules components, coolant velocity and its flow line in the developed model of a planar photovoltaic thermal roofing panel are visualized.

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЙ ПОДХОД ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ МАЛЫХ РЕК В УСЛОВИЯХ ТУРКМЕНИСТАНА

А.М. Пенджиёв

*Туркменский государственный архитектурно-строительный институт,
г. Ашхабат, Республика Туркменистан, e-mail: ampenjiev@rambler.ru*

Задачи возобновляемых источников энергии (ВИЭ) - удовлетворение существующих потребностей населения и промышленности в электрической и тепловой энергии, особенно в районах, удаленных от централизованных энергетических сетей, обосновывают необходимость развития возобновляемой энергетики, в том числе нетрадиционной и малых ГЭС. Это также обусловлено необходимостью решения глобальных проблем обеспечения человечества энергией в будущем, связанных с ограниченностью запасов ископаемых видов топлива и требованием обеспечения экологической безопасности.

В связи с ведущей ролью гидротехнических сооружений (ГТС) в водопользовании представляет большой интерес выявление пространственно-временных особенностей их распределения и состояния на региональном уровне. При этом наиболее эффективными и современными методами обработки пространственных данных являются геоинформационные технологии (ГИС-технологии). Это нашло свое отражение в работах Ю.С. Васильева, С.Н. Сербенюка, А.М. Берлянта, В.С. Тикунова, А.В. Кошкарева, И.К. Лурье, Л.В. Нефедовой, Л.К. Малик, В.М. Евстигнеева, С.В. Кисельева, А.А. Солеьева, Ю.Ю. Рафиковой и многих других. Вместе с тем необходимо отметить, что в настоящее время недостаточны методические положения и рекомендации по проектированию, разработке и реализации этих проектов, тем более, что типовые геоинформационные системы в Туркменистане отсутствуют, поэтому в этом направлении прodelьваются первые шаги.

Цель исследования - концептуальный подход использования энергии малых рек в условиях Туркменистана.

Этот метод исследования будет полезным для эффективного информационно-аналитического управления водопользованием на различных иерархических уровнях (государственном, региональном и районном масштабе) и восполняет этот пробел. При этом представляют интерес не только созданные картографические, атрибутивные, мультимедийные базы данных гидротехнических сооружений, но и возможность оценки эффективности существующей сети гидротехнических сооружений, определение особенностей функционирования системы ГТС и выделение приоритетных направлений развития малой гидроэнергетики как возобновляемого источника энергии в условиях Туркменистана.

Преимущества малой гидроэнергетики в Туркменистане. Исследовав водно-энергетические ресурсы для развития ГИС технологий в Туркменистане, разработанная предварительная обоснованная концептуальная схема (рис.1) к решению проблем использования малых рек в условиях Туркменистана для целей обеспечения электроэнергией с позиции экономичности, социально-экологичности, с точки зрения проблем безопасности, законодательных, финансовых и нормативно-правовых вопросов создания мини ГЭС [1].

Экономические преимущества:

- позволяют электрифицировать отдаленные районы с рассредоточенными потребителями энергии, недоступными для ее получения по линиям электропередач;
- эффективны в составе объединенных энергосистем в качестве надежного маневренного источника энергии;

- обеспечивают водными ресурсами различные отрасли хозяйства в разных частях бассейнов;
- снижают трудозатраты при строительстве и эксплуатации гидроузлов;
- экономят органическое топливо и затраты на его транспортировку;
- не требуют больших капиталовложений, облегчают поиски инвесторов;
- гарантируют быстрый возврат инвестиций при типовых проектах и унификации деталей сооружений, небольших сроках строительства;
- обеспечивают поэтапное распределение капитальных вложений при поочередном возведении гидроузлов и постепенном по мере надобности наращивании регулирующей мощности;
- их отсутствие может уменьшить госфинансирование;
- надежность конструкций, гибкость эксплуатации и малые затраты на обслуживание делают сооружение МГЭС задачей регионов и местных энергосистем;
- дают возможность финансировать строительство и эксплуатацию гидроузлов через потребителей энергии фермерских, дайханских хозяйств или инвестиции местных властей на местах;
- дополнение крупномасштабной энергетики малой повышает надежность электроснабжения и позволяет более эффективно использовать гидроэнергетический потенциал рек.

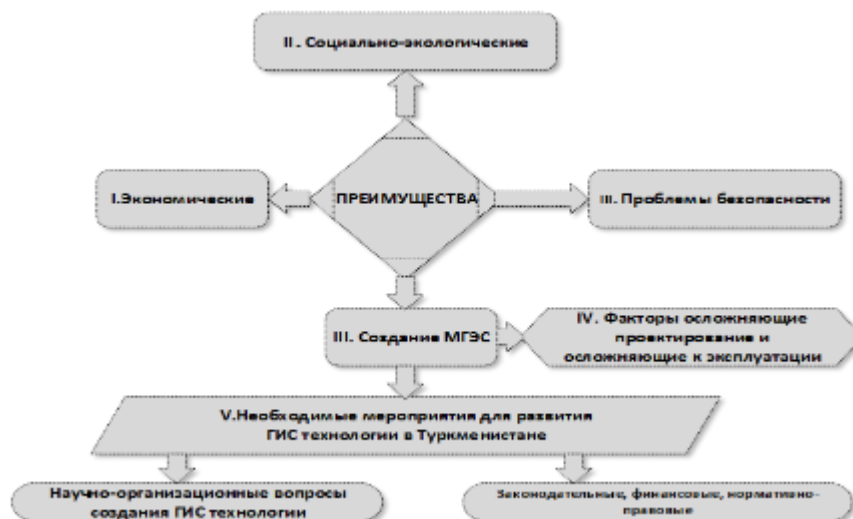


Рис. 1. Концептуальный подход к решению проблем использования малых рек в условиях Туркменистана.

Социально-экологические преимущества:

- существенно оздоравливают воздушный бассейн и уменьшают поступление парниковых газов в атмосферу при замене ими электростанций на органическом топливе;
- отвечают критериям оптимальности – удовлетворяют потребности человека при минимальном воздействии на окружающую среду благодаря небольшим затоплениям и подтоплениям, особенно в горных районах с устойчивыми к размыву руслами;
- отличаются сравнительной простотой подготовки ложа водохранилищ к затоплению;
- не препятствуют водообмену в речных системах благодаря мелководности и небольшому объёму водохранилищ;
- оказывают наименьшее влияние на водный и другие виды режима малых рек, особенно при расположении водохранилищ в пределах русел рек, бесплотинном варианте конструкций гидроузлов и др.;
- способствуют переводу поверхностного стока в устойчивый подземный;
- имеют ярко выраженную тенденцию затухания переработки берегов в проти-

воположность крупным водохранилищам, за исключением отдельных периодов, связанных с колебаниями водности рек;

- не требуют переселения жителей, не нарушают охотничьих угодий, не вносят изменений в образ жизни коренных малочисленных народов;

- способствуют возрождению и подъёму национальной экономики, базирующейся на традиционных отраслях хозяйства;

- эффективны и безопасны в экологическом отношении при снабжении электроэнергией возрождаемых факторий и новых национальных посёлков. Водоохранилища МГЭС интенсивно используются для рыбозаведения, рекреации, организации курортных зон и охотничьих хозяйств.

Проблемы безопасности:

- способствуют повышению уровня жизни и безопасности населения в суровых по природным условиям отдаленных районах;

- являются энергетическим резервом стратегически важных объектов, обеспечивают преодоление энергетического коллапса при чрезвычайных ситуациях на лидирующих энергопроизводящих предприятиях;

- повышают безопасность снабжения населения электричеством и теплом в случае непредвиденного аварийного или преднамеренного отключения крупных энергосистем;

- основные причины разрушения МГЭС – перелив воды через гребень плотин вследствие прохождения нерасчётных паводков, отказа гидромеханического оборудования, ошибок обслуживающего персонала, плохой освещённости водного режима малых рек данными гидрометеорологических наблюдений;

- непосредственный ущерб от повреждения МГЭС несравнимо меньше, чем от крупных энергообъектов;

- МГЭС не провоцируют наведенную сейсмичность и более безопасны при землетрясениях;

- сравнительная безопасность МГЭС для природных систем и самих сооружений, небольшая стоимость и сроки строительства, техническая доступность согласуется с целями ЮНЕСКО в области гидрологии, охраны окружающей среды, разработки новых методов эксплуатации энергетических ресурсов и сохранности энергообъектов.

Факторы, осложняющие проектирование, строительство и эксплуатацию:

- недостаточная изученность режима малых рек, вследствие слабой освещённости данными гидрологических наблюдений;

- отсутствие современных методов оценки стока неизученных малых рек;

- не разработанность методики и затруднённый прогноз различных сторон воздействия МГЭС на природную среду;

- недостаточное развитие способов определения эффективности малой гидроэнергетики, установления её преимуществ и недостатков, экономически и экологически обоснованных масштабов развития;

- частичная или полная потеря регулирующей емкости вследствие заиления водохранилищ, нарушение баланса наносов из-за их отложения в водоёмах и активности руслоформирующих процессов в нижних бьефах;

- необеспечение гарантированной выработки энергии вследствие резкого падения энергоотдачи зимой и в летнюю межень, приостановка работы в случае промерзания или пересыхания рек;

- задержка строительства гидроузлов из-за возможных потерь рыбного хозяйства при отсутствии рыбоходов на нерестовых реках.

Необходимые мероприятия:

1. Научно-организационные вопросы геоинформационных систем:

- изучение режима малых рек, уточнение их гидроэнергетического потенциала и потребностей в электроэнергии;

- продолжение обследования действующих и выведенных из эксплуатации МГЭС, установление целесообразности восстановления, модернизации и увеличения мощности;

- завершение создания базы данных геоинформационных систем о ГЭС на малых реках для всей территории Туркменистана;

- совершенствование геоинформационных технологий, отказ от индивидуального проектирования, серийный выпуск надёжного унифицированного оборудования, автоматизация управления станциями;

- организация системы мониторинга, разработка методов прогноза последствий создания МГЭС, районирование территории Туркменистана по степени возможных экологических последствий строительства гидроузлов, составление оптимальных схем размещения малых электростанций;

- изучение ландшафтных особенностей районов строительства МГЭС, так как создание станций не является лишь русловой задачей, решаемой в пределах долин рек. Использование при размещении гидроузлов карт ландшафтно-экологического районирования (Гипроводхоза, Министерства водного, сельского хозяйства), позволяющих выявить районы со слабыми малоустойчивыми ландшафтами, требующими особой осторожности при освоении;

- сохранение жизнедеятельности малых рек (водохранилища не должны превышать 20-30% объёма среднего годового стока реки), соблюдение определённых критериев скорости течения и водности потока ниже плотины; обязательная расчистка русел и другие мероприятия, помогающие контролировать их глубину, режим поемности, степень зарастания и отложения наносов;

- создание водоохраных зон при строительстве или восстановлении МГЭС, благоустройство побережий, организация заповедных территорий и объектов рекреации;

- снижение или исключение потерь рыбного хозяйства путём создания конструкций бес плотинных ГЭС, природоимитирующих рыбоходов и др.[2-7,10-22];

- строительство в горных районах подземных ГЭС, отвечающих условиям безопасности при стихийных воздействиях;

- осуществление технологических мероприятий, обеспечивающих безаварийную работу МГЭС, сохранение водонепроницаемости и фильтрационной прочности сооружений, устройство качественных водосбросов, готовых к пропуску экстремальных расходов воды (например, водосбросных систем и селей), сооружение надёжных по гидравлическим условиям конструкций переливных грунтовых плотин без специальных затворов со ступенчатым откосом, обращенным к нижнему бьефу. Популяризация и разъяснение задачи и выгод от энергопроектов для формирования общественного мнения и экономической заинтересованности регионов в МГЭС с учетом взаимоотношений с природной средой различных социальных и этнических групп населения [2-7,11-17,179].

2. Законодательные, финансовые и нормативно-правовые:

- принятие закона Туркменистана о возобновляемой энергетике, сопровождаемого пакетом мер и постановлений Правительства по его государственной поддержке;

- разработка и принятие, наряду с общим законом о ВИЭ, законов Туркменистана прямого действия, в том числе «О развитии малой энергетики», предусматривающего механизмы стимулирования строительства МГЭС;

- использование системы мер Киотского протокола и механизма чистого развития (МЧР) для законодательной поддержки ВИЭ;

- привлечение опыта интенсификации ВИЭ странами ЕС с учетом экономических, экологических и социальных особенностей Туркменистана;

- экономическая поддержка развития ВИЭ: введение специальных закупочных тарифов на электроэнергию от возобновляемых энергоисточников, осуществление благоприятной налоговой и кредитной политики, упрощение получения разрешений

на строительство и создание льготных условий для инвестирования;

- составление региональных энергетических кадастров и программ развития малой гидроэнергетики, согласованных с местными органами самоуправления, привлечение хозяйственных предприятий и независимых частных инвесторов, организация региональных инвестиционных фондов;

- отказ от преференций в пользу ВИЭ после достижения сопоставимого с традиционной энергетикой уровня себестоимости производимой энергии, перевод их в обычный конкурентный режим;

- либерализация рынка электроэнергетики и свободное ценообразование, связанное с демонаполизацией и созданием условий для свободной конкуренции с участием малой энергетики;

- финансирование научно-исследовательских работ, обеспечивающих технологический прогресс, экологическую безопасность и снижение стоимости ВИЭ;

- расширение подготовки квалифицированных кадров в области ВИЭ.

Необходимые решения задачи научно-исследовательских работ. Исходя из выше приведенного концептуального подхода к решению проблем использования малых рек в условиях Туркменистана определены цели, задачи и выявлены особенности исследования распределения водно-энергетических ресурсов методами геоинформационных технологий и заложены основы в развитии малой гидроэнергетики (МГЭС) в Туркменистане с оценкой их перспективы и преимуществ.

Для достижения основ геоинформационных систем для развития малой энергетики в Туркменистане нужно провести целый ряд исследований и решить следующие задачи:

- выявить пространственно-временное распределение водоподпорных гидротехнических сооружений и оценить их состояния;

- разработать и реализовать логическую структуру атрибутивных, геокартографических и мультимедийных баз данных о гидротехнических сооружениях;

- разработать и создать комплексную региональную геоинформационную систему гидротехнических сооружений с учетом особенностей объекта исследования;

- на основе разработанной геоинформационной системы провести оценку затопления территории нижнего бьефа водохранилищ при прохождении половодий и паводков высокой обеспеченности и оценку объемов иловых загрязнений.

- разработать структуру геокартографических и атрибутивных баз данных гидротехнических сооружений Туркменистана;

- создать и адаптировать комплексную региональную геоинформационную систему «Гидротехнические сооружения», реализовать функциональные возможности, характеризующие особенности водно-энергетического потенциала исследуемого объекта;

- с помощью геоинформационного моделирования выявить пространственно-временные особенности распределения системы ГТС;

- предложить методические подходы, позволяющие проводить оценку затопления территории нижнего бьефа водохранилищ при прохождении паводков и половодий высокой обеспеченности, а также расчет иловых загрязнений.

С решением выше названных исследований можно прогнозировать и получить практическое применение на практике:

- созданная геоинформационная система «Гидротехнические сооружения в Туркменистане» позволит произвести пространственно-временной анализ, оценку состояния ГТС;

- интегрировать информацию о результатах моделирования прохождения паводков и половодий на наиболее проблемных участках побережья крупных рек;

- использовать при создании подсистемы мониторинга водохозяйственных систем и сооружений в рамках территориальной системы экологического мониторинга

Туркменистана и при разработке целевой программы «Предупреждение вредного воздействия вод и обеспечение безопасности гидротехнических сооружений на территории Туркменистана» [1].

Результаты исследований приемлемы в работе ряда Министерств промышленности, энергетики, сельского хозяйства, охраны окружающей среды, природных ресурсов Туркменистана, Главном управлении по делам Гражданской Обороны (ГО) и Чрезвычайным Ситуациям (ЧС) и многих других службах страны

В настоящее время проведенный анализ зарубежных исследований по использованию геоинформационных систем в оценке ресурсов и расчетах в области малой гидроэнергетики показал, что разрабатываемая концепция геоинформационных систем должна обеспечивать выполнение следующих специфических для гидрологических изысканий задач, необходимых при проведении гидроэнергетических расчетов:

- подготовка базы данных по топографическим Картам, цифровых карт ландшафтной структуры местности (в том числе водоемов, почвы, растительности и др.);
- определение водосборного деления, направлений стока, аккумуляции стока и дренажа (расчетной речной сети, по ней полей уклонов, экспозиций, отмывки рельефа);
- определение затопления территории при создании плотин ГЭС для различных фаз водного режима, а также возможных наводнений при их разрушениях;
- расчеты, картирование основных гидрологических характеристик и их статистических параметров.

Из анализа информационных ресурсов, потребностей гидроэнергетических оценок и расчетов нами была создана база данных (БД) по МГЭС. Было обосновано, что БД геоинформационных систем «Ресурсы малой гидроэнергетики» должна содержать картографическую, атрибутивную, текстовую и графическую информацию, архивы космических снимков [1].

Картографическая составляющая БД должна содержать векторную информацию различных масштабов:

- карту масштаба от 1:10 000 000 до 1:2 500 000, включающую все общегеографические и специализированные объекты территории Туркменистана и прилегающих водосборных бассейнов сопредельных государств для оценок на региональном уровне;
- карту масштаба от 1:1 000 000 до 1:200 000, включающую все общегеографические и специализированные объекты для работ на бассейновом и территориальном уровнях;
- карту масштаба менее 1:200 000, включающую все общегеографические и специализированные объекты для расчетов на бассейновом уровне;
- карты масштабов от 1:50 000 до 1:1000 для гидрологических расчетов конкретных гидроэнергетических сооружений.

При этом *общегеографические слои* должны содержать: хозяйственные этапы (районы), территориальное деление вelayтов (областей), районы административного деления страны, населенные пункты, отметки высот, изолинии, растительность, автомобильные дороги, ЛЭП. Виды векторных основ определяются масштабами проведения исследований. Картографическая информация о водных объектах включает: моря, озера, пруды, реки, водохранилища, бассейны морей, бассейны рек, посты гидрологических наблюдений, болота, дополнительную гидрографию (ключи, родники, гейзеры, источники), такыры.

Гидрологические слои должны содержать информацию об основных зональных гидрологических характеристиках водотоков, об имеющихся расчетах статистических параметров характеристик стока и их распределении по территории, зоны синхронного стока, зоны сходных параметров внутригодового распределения стока. Важным гидрологическим слоем являются результаты и карты проведения гидрологического районирования разного уровня.

Слой гидротехнических сооружений содержат: мощность установленных гидроагрегатов (ГА), среднегодовую выработку, год сооружения и техническое состояние, тип энергообъекта (сетевой или автономный), владелец.

Группа слоев окружающей среды содержит информацию о современном энергопотреблении на территории и перспективных энергопотребителях (строящиеся объекты). Слой по охраняемым территориям включает: территории с указанием их уровня охраны, земли водного фонда.

Атрибутивная информация должна содержать данные об общегеографических и специализированных объектах, современных и перспективных потребителях электроэнергии, важных с точки зрения целей оптимизации и экономической обоснованности выбора мест сооружения объектов малой гидроэнергетики.

Графическая информация должна содержать растровые файлы в следующем составе: электронные копии карт, авиационные и космические снимки, содержащие необходимую информацию.

Текстовая информация должна содержать описательные сведения об объектах базы данных и методиках проведения оценок и расчетов БД.

Геоэкологические аспекты управления системой гидротехнических сооружений с помощью геоинформационных систем и технологий. Дает предупреждение вредного воздействия вод и обеспечение безопасности гидротехнических сооружений. Оценить затопления территорий населенных пунктов в нижнем бьефе гидротехнических сооружений и экологические последствия снижения уровня водохранилища.

Список литературы:

1. Пенджиев А.М. Экологические проблемы освоения пустынь: монография / Пенджиев А.М. – Германия: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. - 226 с. ISBN 978-3-8433-9325-6.
2. Пенджиев А.М. Ресурсы и эффективность использования геотермальных вод: монография / Пенджиев А.М., Пенжиева Д.А. – Германия: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2015. - 224 с. ISBN 978-3-659-76129-4.
3. Пенджиев А.М. Основы ГИС в развитии возобновляемой энергетики: монография / Пенджиев А.М. – Германия: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2017. - 308 с. ISBN 978-620-2-01229-4.
4. Пенджиев А.М. Концепция развития возобновляемой энергетики в Туркменистане [Текст] / А.М. Пенджиев // Альтернативная энергетика и экология. – ISJAEЕ. 2012. - № 08. С.91-102; – ISSN1608-8298.
5. Стребков Д.С., Пенджиев А.М., Мамедсахатов Б.Д. Развитие солнечной энергетики в Туркменистане: монография / Стребков Д.С., Пенджиев А.М., Мамедсахатов Б.Д. - Москва: ГНУ ВИЭСХ, 2012.- 498 с. ISBN 978-5-85941-459-8.

CONCEPTUAL APPROACH OF USING ENERGY OF SMALL RIVERS UNDER THE CONDITIONS OF TURKMENISTAN

A.M. Penjiyev

*Turkmen State Architectural and Construction Institute, Ashgabat, Turkmenistan,
e-mail: ampenjiyev@rambler.ru*

Abstract

The report has compiled and substantiated a conceptual scheme for the use of the hydropower of small rivers, taking into account economic, social, environmental, legislative, financial problems and regulatory issues of the development of mini hydropower plants in Turkmenistan. This methodology can be used in targeted programs for the use of mudflow, drainage waters of the Altyn Asyr Lake and other hydraulic structures of Turkmenistan.

**БРЮХОНОГИЕ МОЛЛЮСКИ РАДИОАКТИВНО-ЗАГРЯЗНЕННЫХ
ВОДОЕМОВ ПО «МАЯК» И ВОДОЕМА СРАВНЕНИЯ –
ШЕРШНЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА Г. ЧЕЛЯБИНСКА**

А.А. Перетыкин^{1,3}, С.И. Андреева²

С.Г. Левина³, Е.В. Девятова³, Е.А. Пряхин¹,

¹Уральский научно-практический центр радиационной медицины,

г. Челябинск, 454076, Россия, e-mail: engineer_eo@mail.ru

²Омский государственный медицинский университет

³Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет

Проведен анализ видового состава брюхоногих моллюсков, радиоактивно-загрязненных специальных промышленных водоёмов ПО «Маяк» В-4, В-10, В-11. В водоемах Теченского каскада В-4, В-10, В-11 были зарегистрированы крупные фитофильные моллюски рода *Lymnaea* и мелкие пелофильные р. *Bythynia* и р. *Cincinna*. Мелкие пелофильные гастроподы были обнаружены только в водоеме В-11. В водоеме сравнения – Шершневском водохранилище, было обнаружено 38 видов моллюсков из 6 семейств, класса *Gastropoda*. Высказано предположение, что причиной снижения видового биоразнообразия пелофильных брюхоногих моллюсков Теченского каскада водоемов является комбинированное действие радиационного и других экологических факторов.

Пресноводные моллюски играют важную роль в водных экосистемах. Моллюски являются биологическим ресурсом водоемов, участвуют в разнообразных трофических связях, выступают в качестве кормового объекта для многих групп гидробионтов и, в первую очередь, для рыб-бентофагов [1].

Антропогенное воздействие может существенно влиять на сообщества брюхоногих моллюсков, вызывая монотипизацию сообщества гастропод в эвтрофированных водоемах [2]. Неблагоприятные изменения в окружающей среде могут вызвать снижение биологического разнообразия и количественного развития гастропод.

При изучении зообентоса радиоактивно-загрязненных водоемов «ПО «Маяк» было выявлено снижение количественного развития пелофильных гастропод в радиоактивно-загрязненных водоемах.

Изучение видового состава брюхоногих моллюсков в радиоактивно-загрязненных пресноводных водоемов ранее не проводилось. Поэтому целью работы было изучить видовой состав брюхоногих моллюсков промышленных водоемов ПО «Маяк» и Шершневского водохранилища.

Объектом исследования являлись радиоактивно-загрязненные водоемы ПО «Маяк»: водоемы Теченского каскада В-4, В-10, В-11.

В качестве водоема сравнения использовали Шершневское водохранилище г. Челябинск, которое, является наиболее подходящими в качестве водоемов сравнения для водоемов В-10 и В-11 [3]. Это водохранилище, руслового типа, построено на р. Миасс. По размерам относится к разряду средних водохранилищ, имеет 3 плеса: речной, срединный и приплотинный. Шершневское водохранилище имеет статус водоема первой категории водопользования как источник питьевого и хозяйственно-бытового использования [4].

История развития, морфометрические параметры, гидрологические параметры, показатели химического состава воды, содержания радионуклидов в воде и донных отложениях, результаты гидробиологических исследований специальных промышленных водоемов ПО Маяк описаны в следующих работах [5 – 9].

Отбор проб брюхоногих моллюсков осуществляли в мае-июне 2016 года. Качественный отбор проб производили с помощью драги с шириной режущей части 50 см., в прибрежных участках водоемов в трех повторности в трех разных направлениях. Количественные пробы отбирали с помощью ковшового дночерпателя с площадью захвата 0.25 м². При отборе пробы моллюсков отмывали от донных отложений в воде водоема, раскладывали по полиэтиленовым ведрам и фиксировали 95% этиловым спиртом. На водоеме В-11 было сформировано 13 станций отбора проб, на водоеме В-10 – 16 станций, на водоеме В-4 – 8 станций. Для оценки видового богатства рассчитывали индекс Маргалефа; для оценки обилия индекс – Паляя [10]. Видовую принадлежность определяли с помощью определителей [11, 12] и отдельных работ [13].

Результаты исследования. Видовой состав брюхоногих моллюсков в Шершневском водохранилище в 2016 г. был характерен для водохранилищ руслового типа, и насчитывал 38 видов (таблица 1). Анализ видового состава моллюсков экосистем радиоактивно-загрязненных водоемов В-11, В-10, В-4, показал, что в водоёме В-11 гастроподы были представлены только 20 видами из 5 семейств. В водоёме В-10 на 16 исследуемых станциях были зарегистрированы моллюски р. *Limnaea* и р. *Anisus*. В 8 пробах водоёма В-4 были обнаружены только фитофильные моллюски р. *Limnaea*. Общими для водоемов ПО «Маяк» и Шершневского водохранилища было 14 видов брюхоногих моллюсков.

Таблица 1

Видовой состав брюхоногих моллюсков специальных промышленных водоемов «ПО «Маяк»

Таксоны		ШВ	В-11	В-10	В-4	
Надсемейство <i>Lymnaeidae</i>						
Род <i>Lymnaea</i>						
Подрод <i>Lymnaea</i>						
Семейство <i>Lymnaeidae</i>	<i>Lymnaea stagnalis</i> (Linnaeus, 1758)	+	+	+	++	
	<i>Lymnaea fragilis</i> (Linnaeus, 1758)	-	+	+	-	
	Подрод <i>Radis</i>					
	<i>Lymnaea psilia</i> (Bourguignat, 1862)	++	+	+	-	
	<i>Lymnaea auricularis</i> (Linnaeus, 1758)	+	+	+	-	
	Подрод <i>Peregriana</i>					
	<i>Lymnaea ovata</i> (Draparnaud, 1805)	+	-	-	-	
	<i>Lymnaea ampla</i> (Hartmann, 1821)	+	+	-	-	
	<i>Lymnaea lagotis</i> (Schrank, 1803)	++	-	-	-	
	<i>Lymnaea balthaca</i> (Linnaeus, 1758)	+	-	-	-	
	<i>Lymnaea intermedi</i> (Lamarck, 1822)	-	-	-	++	
	<i>Lymnaea ampullacca</i> (Rossmassler, 1835)	-	+	+	-	
Надсемейство <i>Planorboidea</i>						
Подсемейство <i>Camptoceratinae</i>						
Род <i>Planorbarius</i>						
Семейство <i>Planorbidae</i>	<i>Planorbis planorbis</i> (Linnaeus, 1758)	-	+	-	-	
	<i>Planorbias covneus</i> (Linnaeus, 1758)	+	-	-	-	
	<i>Planobarias adelosius</i> (Bourguignat, 1859)	++	-	-	-	
	Подсемейство <i>Planorbinae</i>					
Род <i>Bathyomphalus</i>						
	<i>Bathyomphalus crassus</i> (Da Costa, 1778)	+	-	-	-	

Таксоны		ШВ	В-11	В-10	В-4
Семейство <i>Planorbidae</i>	Род <i>Anisus</i>				
	Подрод <i>Disculifer</i>				
	<i>Anisus vortex</i> (Linnaeus, 1758)	+	-	-	-
	<i>Anisus vorticulus</i> (Troschel, 1834)	-	+	+	-
	Род <i>Gyraulus</i>				
	<i>Gyraulus albus</i> (Muller, 1774)	+	-	-	-
Семейство <i>Physidae</i>	Род <i>Segmentina</i>				
	<i>Segmentina montgazoniana</i> (Bourguignat in Certain, 1881)	+	-	-	-
	Подсемейство <i>Physinae</i>				
	Род <i>Physa</i>				
<i>Physa taslei</i> (Bourguignat, 1860)	+	-	-	-	
<i>Physa fontinalis</i> (Linnaeus, 1758)	-	+	-	-	
Семейство <i>Bithyniidae</i>	Подсемейство <i>Bithyniinae</i>				
	Род <i>Bithynia</i>				
	<i>Bithynia tentaculata</i> (Linnaeus, 1758)	+	-	-	-
	<i>Bithynia decipiens</i> (Millet, 1843)	+	-	-	-
	<i>Bithynia curta</i> (Garnier, 1840)	++	-	-	-
	<i>Digiracidum starobogatovi</i> (Andreeva et Lazutkina, sp. nov.)	++	+	-	-
	<i>Digirtyrum bourguignati</i> (Paladihe, 1869)	+	-	-	-
	<i>Bithynia inflata</i> (Hansen, 1845)	+	+	-	-
	Род <i>Opisthorchophorus</i>				
	<i>Opisthorchophorus baudonianus</i> (Gassiez, 1859)	+	-	-	-
Семейство <i>Viviparidae</i>	Род <i>Viviparus</i>				
	<i>Viviparus viviparus</i> (Linnaeus, 1758)	+	-	-	-
	Род <i>Contectiana</i>				
<i>Contectiana contecta</i> (Millet, 1813)	+	-	-	-	
Семейство <i>Valvatidae</i>	Род <i>Borysthenia</i>				
	<i>Borysthenia menkeana</i> (Jelski, 1863)	+	-	-	-
	Род <i>Cincinna</i>				
	<i>Cincinna sp.</i>	++	++	-	-
	<i>Cincinna klinensis</i> (Milachevitch, 1881)	++	++	-	-
	<i>Cincinna pulchella</i> (Studer, 1820)	++	+	-	-
	<i>Cincinna piscinalis</i> (Mueller, 1774)	+	+	-	-
	<i>Cincinna lilljeborgi</i> (Westerlund, 18778)	+	-	-	-
	<i>Cincinna obtuse</i> (Draparnaud, 1801)	++	-	-	-
	<i>Cincinna antiqua</i> (Sowerby, 1838)	+	-	-	-
	<i>Cincinna trochoidae</i> (Menke, 1857)	+	-	-	-
	<i>Cincinna dilatata</i> (Eichwald, 183)	+	+	-	-
	<i>Cincinna frigida</i> (Westerlund, 1885)	+	-	-	-
	<i>Cincinna ambigua</i> (Westerlund, 1878)	++	++	-	-
	<i>Cincinna discors</i> (Westerlund, 1879)	++	+	-	-
<i>Cincinna depressa</i> (Pfeiffer, 1828)	+	+	-	-	
<i>Итого:</i>		38	20	6	2
«-» - представитель вида не обнаружен;					
«+» - вид представлен одним или несколькими особями в пробе;					
«++» - вид представлен более 10 особями в пробе;					

По результатам оценки индекса Паляя - обилия брюхоногих моллюсков, можно утверждать, что брюхоногие моллюски в радиоактивно-загрязненных водоемах ПО «Маяк» выражены слабее, чем в Шершневском водохранилище (Рис. 1). Также, в результате оценки индекса видового богатства Маргалёфа, можно зарегистрировать снижение биологического разнообразия в водоемах с разной степенью радиоактивного загрязнения.

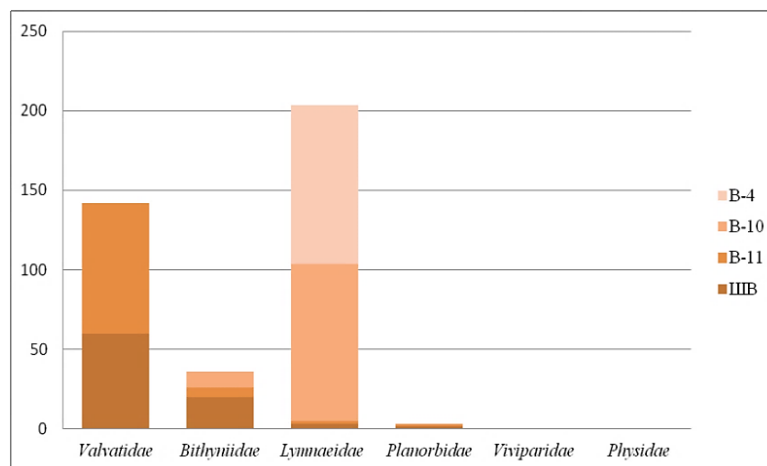


Рис. 1. Результаты оценки индекса доминирования брюхоногих моллюсков по семействам.

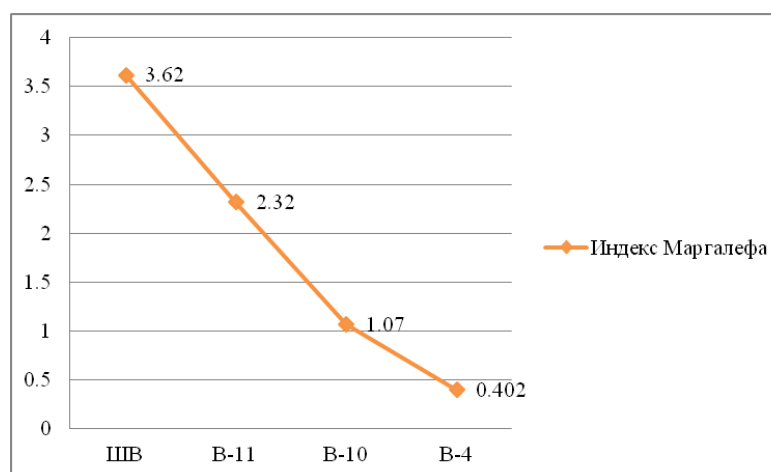


Рис. 2. Результаты оценки индекса видового богатства Маргалёфа по водоемам.

Анализ данных показал, что доминантами в Шершневском водохранилище и водоеме В-11, являются пелофильные моллюски сем. *Valvatidae* и субдоминантами сем. *Lymnaidae*. Тогда как в водоемах В-10 и В-4, доминирующими родами брюхоногих моллюсков являются фитофильные виды из сем. *Lymnaidae*. Можно отметить, что остальные семейства (*Physidae*, *Planorbidae*, *Viviparidae*) являются второстепенным членом в сообществе брюхоногих моллюсков Шершневского водохранилища, и отсутствуют в гидробиоценозе водоемов В-11, В-10, В-4. Оценка сообществ гастропод по индексу видового богатства Маргалёфа показывает, что, в радиоактивно-загрязненных водоемах ПО «Маяк» видовое богатство брюхоногих моллюсков тем ниже, чем выше уровень антропогенного (радиационного и химического) воздействия в водоемах.

Выводы. В результате оценки сообществ брюхоногих моллюсков Теченского каскада водоемов зарегистрировано снижение биологического разнообразия и смены доминирующих семейств в водоемах с разным уровнем радиоактивного загрязнения. Возможно, это связано с комбинированным действием хронического радиационного облучения и влиянием других экологических факторов.

Список литературы:

1. Dillon, R. T. JR., The Ecology of Freshwater Molluscs / Department of Biology, College of Charleston, Cambridge University Press. - 2004. P 7-10.
2. Филиппенко Д.П. Видовой состав и биотопические группы брюхоногих моллюсков прудовых водоемов Калининграда // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия: Естественные и медицинские науки. – 2011. №1 с 55-63
3. Пряхин Е.А., Мокров Ю.Г., Тряпицына Г.А., Дерябина Л.В., Стукалов П.М., Аклеев А.В. Сравнительный анализ биологических показателей экосистем водоема В-11, Шершневого водохранилища, оз. Иртяш и оз. Кожакуль // Вопросы радиационной безопасности. - 2010. № 1 (57). С. 17-28.
4. Ходоровская Н.И., Дерябина Л.В., Крайнева С.В., Утопленникова А.Ю. Оценка экологического состояния Шершневого водохранилища в современных условиях // Вестник Челябинского государственного университета. 2013. № 7 (298). С. 165-167.
5. Глаголенко Ю.В., Дрожко Е.Г., Мокров Ю.Г. Особенности формирования радиоактивного загрязнения р. Теча // Вопросы радиационной безопасности, № 2, 2007, с. 27-36.
6. Пряхин Е.А., Тряпицына Г.А., Дерябина Л.В. и др. Современное состояние экосистем водоёмов В-11, В-10, В-4, В-17 и В-9 ПО "Маяк" // Вопросы радиац. безопасности. – 2011. – Спецвыпуск 2. – С. 5–23.
7. Пряхин Е.А., Тряпицына Г.А., Осипов Д.И., Атаманюк Н.И., Шапошникова И.А., Егорейченков Е.А., Стяжкина Е.В., Могильникова Н.И., Андреев С.С., Шишкина Е.А., Перетыкин А.А., Алдибекова А.Е., Тюхай М.В., Трапезников А.В., Иванов И.А., Тарасов О.В., Мокров Ю.Г., Аклеев А.В. Биоценозы водоёмов теченского каскада // Вопросы радиац. безопасности. 2018. № 4 (92). С. 71-79.
8. Тряпицына Г. А., Андреев С. С., Осипов Д. И. и др. / Оценка радиационного воздействия на гидробионтов некоторых специальных промышленных водоемов по «Маяк» // Радиационная биология. Радиозэкология. 2012. Т. 52. №2. – 1-8 с.
9. Pryakhin E.A., Tryapitsina G.A., Osipov D.I., Atamanyuk N.I., Shaposhnikova I.A., Shishkina E.A., Obvintseva N.A., Egoreichenkov E.A., Styazhkina E.V., Osipova O.F., Mogilnikova N.I., Andreev S.S., Akleyev A.V., Mokrov Y.G., Tarasov O.V., Deryabina L.V., Ivanov I.A., Geras'kin S.A., Trapeznikov A.V. // Characterization of biocenoses in the storage reservoirs of liquid radioactive wastes of Mayak PA. initial descriptive report// Journal of Environmental Radioactivity. - 2016. Т. 151. С. 449-460.
10. Абакумов В.А. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем // С.-Пб., Гидрометеиздат, 1992.
11. Определитель пресноводных брюхоногих моллюсков (Mollusca: Gastropoda) Западной Сибири [Текст] / С. И. Андреева, Н. И. Андреев, М. В. Винарский. - Омск: [б. и.], 2010.
12. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий / Под общ. Ред. С.Я. Цалолихина. Т.6. Моллюски, Полихеты, Немертины. - СПб.: Наука, 2004. – 528 с.
13. Хохуткин И.М., Винарский М.В., Гребенников М.Е. Моллюски Урала и прилегающих территорий. Семейство Прудовиковые Lymnaeidae (Gastropoda, Pulmonata, Lymnaeiformes). Ч.1. // Екатеринбург.- 2009. - 162 с.

**GASTROPOD MUSSELS OF RADIOACTIVELY CONTAMINATED WATER
RESERVOIRS PA “MAYAK” AND RESERVOIR OF COMPARISON –
SHERSHNEVSKY RESERVOIR OF THE CHELYABINSK CITY**

A. Peretykin^{1,3}, S. Andreeva², S. Levina³, E. Devyatova³, E. Pryakhin¹

¹*Urals Research Center for Radiation Medicine, Chelyabinsk,*

e-mail: engineer_eo@mail.ru

²*Omsk State Medical University*

³*South - Ural State Humanitarian-Pedagogical University, Chelyabinsk.*

Abstract

The analysis of the species composition of gastropods, radioactively contaminated by special industrial reservoirs of PA “Mayak” (R-4, R-10, R-11) was carried out. In phytophilous mollusks of the genus *Lymnaea* and small pelophilous g. *Bythynia* and g. *Cincinna* were recorded in reservoirs of the Techa cascade B-4, B-10, B-11. Genus of *Cincinna* small pelophilic gastropods were found only in the reservoir B-11. In the reservoir of comparison - Shershnevsky, 37 species of mussels from 6 families, class *Gastropoda*, were found. It has been suggested that the reason for reducing the species biodiversity of pelophilous gastropods in the Techa cascade of water bodies is the combined effect of radiation and other environmental factors.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМБИНИРОВАННОЙ ДИАГНОСТИКИ

В.Н. Пермяков¹; Л.Б. Хайруллина²

*Тюменский индустриальный университет, город Тюмень, 625000, Россия,
e-mail: ¹v.n.permyakov@mail.ru, ²hairullina.1964@mail.ru*

Вероятность возникновения техногенных аварий и катастроф на объектах нефтегазовой отрасли непрерывно возрастает в связи с исчерпанием ресурса нефтегазового оборудования. Техническая диагностика и мониторинг сложных технических систем являются неотъемлемой частью обеспечения их безопасности. Диагностика металлоконструкций, с использованием комбинированного метода: хрупких тензочувствительных покрытий (ХТП) и акустической эмиссии (АЭ) наиболее перспективна в современных условиях эксплуатации систем и оборудования. Совмещение двух методов неразрушающего контроля позволяет устанавливать закономерности образования, роста и распространения трещин в зависимости от напряженно-деформированного состояния металла диагностируемых конструкций и проводить дистанционный мониторинг общих и локальных упругопластических деформаций и дефектов опасных объектов на всех стадиях их образования и развития в штатных и аварийных ситуациях.

В процессе эксплуатации нефтегазовое оборудование подвергается воздействию различных факторов, приводящих к нарушениям целостности и разрушениям изделий. Вероятность возникновения техногенных аварий и катастроф на объектах нефтегазовой отрасли непрерывно возрастает в связи с исчерпанием ресурса нефтегазового оборудования, где более половины технологических аппаратов, сосудов и трубопроводов отработали свой нормативный срок. Это обусловлено образованием и развитием опасных дефектов, способных разрушить конструкцию. Все это оказывают существенное влияние на экономику регионов и отраслей народного хозяйства, в том числе на топливно-энергетический комплекс. Возникает необходимость широкого применения средств комплексной диагностики, предупреждающих повреждения металлических конструкции, средств адекватной интерпретации ситуации в условиях развивающейся аварии.

Техническая диагностика и мониторинг сложных технических систем являются неотъемлемой частью обеспечения их безопасности. В процессе эксплуатации металлические конструкции подвержены нагрузкам и воздействиям коррозионно-активных сред, что приводит к накоплению повреждений, способствующих росту дефектов.

С течением времени происходит старение металла, выражающееся в снижении трещиностойкости, повышении хрупкости. Неконтролируемое развитие дефектов под влиянием эксплуатационных факторов может приводить к отказам и авариям.

Основными причинами отказов оборудования являются: коррозионный износ днища (как изнутри, так и снаружи), нижних поясов стенки конструкции; дефекты сварных соединений; неравномерные и локальные просадки основания; склонность некоторых марок стали к старению и хрупкому разрушению при низких температурах [1].

В процессе изготовления, транспортировки, монтажа и эксплуатации аппаратов и сосудов, работающих под давлением, возможно, их деформирование с образованием локальных несовершенств формы (вмятин), размеры которых превышают установленные нормы.

Диагностика металлоконструкций, путем совмещения методов неразрушающего контроля: хрупких тензочувствительных покрытий (ХТП) и акустической эмиссии (АЭ) наиболее перспективна в современных условиях эксплуатации систем и оборудования [2].

Метод хрупких тензочувствительных покрытий является широко применяемым способом экспериментальных исследований полей деформаций и напряжений на поверхности деталей, узлов конструкций или их моделей при приложении к ним статической или динамической нагрузки. Этот метод заключается в наблюдении трещин, образующихся при нагрузке или разгрузке детали, в тонком слое хрупкого покрытия, предварительно нанесенного на исследуемую поверхность. Хрупкое покрытие прочно связано с поверхностью образца или детали, поэтому деформации в точках покрытия и в связанных с ними точках поверхности исследуемого объекта, одинаковые. Трещина в покрытии вызывается растягивающими напряжениями или деформациями [3].

Для регистрации трещин предлагается использовать метод акустической эмиссии. Это позволит повысить оперативность обработки данных дистанционного наблюдения за процессом трещинообразования в труднодоступных местах и проведения дистанционного контроля измеряемых параметров в нормальных условиях и аварийных ситуациях. АЭ метод дает возможность исследования процессов в реальном времени: наблюдать и изучать динамику протекания разнообразных физических и химических процессов, обладает весьма высокой чувствительностью к возникающим и растущим дефектам. Предельная чувствительность акустико-эмиссионной аппаратуры по расчетным оценкам составляет порядка $1 \cdot 10^{-6}$ мм, что соответствует выявлению скачка трещины протяженностью 1 мкм на величину 1 мкм. В стендовых условиях испытаний метод АЭ позволяет выявить приращение трещины порядка долей миллиметра, чего не может сделать ни один из традиционных методов НК, а в производственных условиях выявляет приращение трещины на десятые доли миллиметра [4].

Характерной особенностью метода АЭ является его интегральность. Она заключается в том, что, используя один или несколько преобразователей АЭ, установленных неподвижно на поверхности объекта, можно контролировать весь объект [5].

Промышленный эксперимент подтвердил достоверность возможности использования комбинированного метода: хрупких тензочувствительных покрытий и акустической эмиссии.

Экспериментальные исследования проводились на стальном цилиндрическом резервуаре для хранения нефти и нефтепродуктов.

Испытания перед экспериментом на осмотр состояния эксплуатационных характеристик резервуара: на наличие дефектов и деформаций состояния корпуса, днища и всех составляющих исследуемой конструкции, следов воздействия нагрузок и т.д. показали, что состояние объекта удовлетворительное.

Утонение по результатам измерения толщины всех элементов резервуара не превышало 15 %. глубина коррозии стенки не превышала 25%.

Этапы подготовительных работ включали: опорожнение резервуара, зачистку до металлического блеска сегментов стенок резервуара (с частотой $Rz=40$ размерами 200×200 мм. на расстоянии друг от друга 6551мм. и высоте 800 мм. от уторного шва), нанесение состава хрупкого покрытия на зачищенные точки и установления четырех датчиков.

Состав хрупкого тензочувствительного покрытия (резорцина-формальдегидная смола – 1 часть; карбомидно-формальдегидный концентрат – 0,5 частей; отвердитель ОЖ-101) был приготовлен и нанесен за 24 часа, до проведения эксперимента, на зачищенные точки [6].

Экспериментальные исследования длились 5 часов 28 минут 12 секунд, что соответствовало 100% нагрузке резервуара.

При проведении эксперимента был задействован 32 канальный АЭ комплекс А - Line 32D с интегральными ПАЭ типа GL200. Режим работы аппаратуры АЭ и проверки ее работоспособности до испытания (и после испытаний) по каналам соответствовал коэффициенту предварительного усиления - 26 дБ, коэффициенту основного усиления - 34 дБ, уровню дискриминации - 50, 01 дБ, рабочей полосе частот от 100-300 кГц.

Активность АЭ сигнала была зафиксирована на 1-ой линии датчиком 1 с продолжительностью порядка 13 минут и второе повышение активности примерно 4 минуты с максимальными значениями $u=7$. Наибольшая сумма импульсов АЭ-сигнала соответствовала значению 233 и нагрузка РВС составляла 43% от максимального.

Сумма импульсов 2-го, 3-го и 4-го каналов соответствовали значениям 90,95 и 35 и нагрузке РВС - 50%, 53% и 46%.

Увеличение значения на первом канале соответствовало коррозионному растрескиванию, либо в данном случае растрескиванию покрытия, что свидетельствовало росту дефектной области.

При обследовании акустико-эмиссионного контроля объекта были зарегистрированы только пассивные источники 1 класса (в соответствии с классификацией ПБ-03-593-03), характерные для допустимых дефектов, не склонных к развитию и не требующих дополнительного инструментального контроля.

Таким образом, комбинированный метод диагностики: хрупких тензоувствительных покрытий и акустической эмиссии, позволяет устанавливать закономерности образования, роста и распространения трещин в диагностируемых конструкциях и проводить дистанционный мониторинг общих и локальных упругопластических деформаций и дефектов опасных объектов на всех стадиях их образования и развития в штатных и аварийных ситуациях.

Список литературы:

1. Александров П.А., Шахов М.Н. Исследование влияния усталостных повреждений на генерацию частиц металла при механических воздействиях // Проблемы машиностроения и надежности машин. - 2005. № 2. - С. 32-35
2. Пермяков, В.Н. Способ исследования деформаций и напряжений: пат. 2345324, МПК17 G 01B 17/04 / В. Н. Пермяков, Н. А. Махутов, Л. Б. Хайруллина; заявитель и патентообладатель ТюмГНГУ; заявл. 27.04.2007; опубл. 27.01.2009. Бюл. № 3.
3. Пригоровский, Н.И., Панских, В.К. Метод хрупких тензочувствительных покрытий. – М.: Наука, 1978. – 183 с.
4. Кузнецов, Н.С. Теория и практика неразрушающего контроля изделий с помощью акустической эмиссии. – М.: Машиностроение, 1998. -93 с.
5. В.И.Иванов, И.Э.Власов. Метод акустической эмиссии. Неразрушающий контроль: Справочник; В 7 т. Под общ. ред. В.В.Клюева. Т. 7. Кн. 1. М.: Машиностроение. 2005. – 340 с.
6. Пермяков, В.Н. Хрупкое покрытие на основе искусственных смол: пат.2313551 РФ, МПК¹¹ G 01B 11/16 / В. Н. Пермяков, Н. А. Махутов, Л.Б. Хайруллина, Н. Н. Паршуков; заявитель и патентообладатель ТюмГНГУ; заявл. 27.09.2006; опубл.27.12.2007. Бюл. № 36.

**ENSURING THE SAFETY OF EQUIPMENT OF OIL AND GAS COMPLEX
WITH THE USE OF COMBINED DIAGNOSTICS**

V.N. Permyakov¹; L.B. Khairullina²

*Tyumen Industrial University, Tyumen city, 625000, Russia,
e-mail: ¹v.n.permyakov@mail.ru, ²hairullina.1964@mail.ru*

Abstract

The likelihood of man-made accidents and disasters at the facilities of the oil and gas industry is continuously increasing due to the exhaustion of the resource of oil and gas equipment. Technical diagnostics and monitoring of complex technical systems are an integral part of ensuring their safety. Diagnostics of metal structures using the combined method: fragile stress-sensitive coatings (CTP) and acoustic emission (AE) are most promising in modern conditions of operation of systems and equipment. Combining two methods of non-destructive testing allows you to establish patterns of formation, growth and propagation of cracks depending on the stress-strain state of the metal of the diagnosed structures and conduct remote monitoring of general and local elastoplastic deformations and defects of dangerous objects at all stages of their formation and development in normal and emergency situations. Combining two methods of non-destructive testing allows you to establish patterns of formation, growth and propagation of cracks depending on the stress-strain state of the metal of the diagnosed structures and conduct remote monitoring of general and local elastoplastic deformations and defects of dangerous objects at all stages of their formation and development in normal and emergency situations.

УСТРОЙСТВО КОНТРОЛЯ АКТИВНОСТИ КИСЛОРОДА ДЛЯ РЕАКТОРОВ ПИРОХИМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ОЯТ

Першин П.С.¹; А.И.Вальцева², А.В. Суздальцев¹, Ю.П. Зайков^{1,2}

¹Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН,
Екатеринбург, 620137, Россия, e-mail: raffka19@yandex.ru

²Уральский федеральный университет, Екатеринбург, 620002, Россия,
e-mail: alex-liga@yandex.ru

Развитие атомной энергетики связано с реакторами на быстрых нейтронах, разработкой новых видов топлива и более оперативных и эффективных схем переработки отработавшего ядерного топлива (ОЯТ). Все эти мероприятия позволяют организовать замкнутый топливный цикл [1]. Одна из перспективных схем включает пирохимическую переработку ОЯТ в расплавленных солях, исключающую длительное хранение тепловыделяющих сборок в специальных хранилищах и позволяющую полностью регенерировать компоненты топлива.

В ряде стран уже разрабатываются комплексные схемы пирохимической переработки ОЯТ, которые включают ряд технологических операций в реакторах с расплавленными солями и строго контролируемой инертной атмосферой. В частности, это касается операции восстановления окисленного ОЯТ металлическим литием при электролизе расплавов LiCl-Li₂O. Стабильность, эффективность и технологические параметры данной операции во многом определяются содержанием кислорода в солевом расплаве и парциальным давлением кислорода над расплавом.

Для контроля содержания кислорода непосредственно в реакторах с оксидно-хлоридными расплавами наиболее перспективными считаются электрохимические сенсоры на твердых электролитах. В данной статье приведены основные принципы работы, и выполнена экспериментальная проверка работоспособности электрохимического датчика с двумя электрохимическими ячейками для измерения активности кислорода в расплаве LiCl-Li₂O и контроля атмосферы над ним в лабораторном реакторе при температуре 650 °С.

Предлагаемый электрохимический сенсор представляет собой две совмещенные электрохимические ячейки на основе кислородопроводящего твердого электролита состава 0,9ZrO₂-0,1Y₂O₃ (YSZ) с общим эталонным электродом. Электролит YSZ является селективным по кислороду и обладает ионным числом переноса равным 1. Исследования, проведенные в ходе выполнения работы и рядом зарубежных авторов, показали хорошую химическую и эрозионную стойкость образцов YSZ в исследуемых расплавах [2].

Твердый электролит сенсора выполнен в виде тонкостенной пробирки толщиной 1 мм, диаметром 10 мм и высотой 150 мм. Внутри пробирки размещен эталонный электрод состава Ni-NiO, который обеспечивает стабильное значение парциального давления кислорода при постоянной температуре. На наружной поверхности пробирки нанесены два платиновых измерительных электрода. Электрод, находящийся на торце пробирки, предназначен для измерения кислородного потенциала солевого расплава, а второй измерительный электрод нанесен на высоте 110 мм от торца пробирки и предназначен для снятия кислородного потенциала газовой атмосферы. При проведении замеров сенсор размещают в реакторе таким образом, чтобы нижний измерительный электрод был погружен в анализируемый солевой расплав, а второй измерительный электрод омывался газовой атмосферой.

Принцип работы сенсора заключается в измерении разности потенциалов между общим эталонным электродом и каждым из измерительных электродов. Согласно

уравнению Нернста по измеренным значениям разностей потенциалов между электродами, рассчитывались значения активности кислорода в солевом расплаве и кислородосодержание в газовой атмосфере.

На рисунке 1 приведена схема устройства сенсора и общий вид экспериментального устройства.

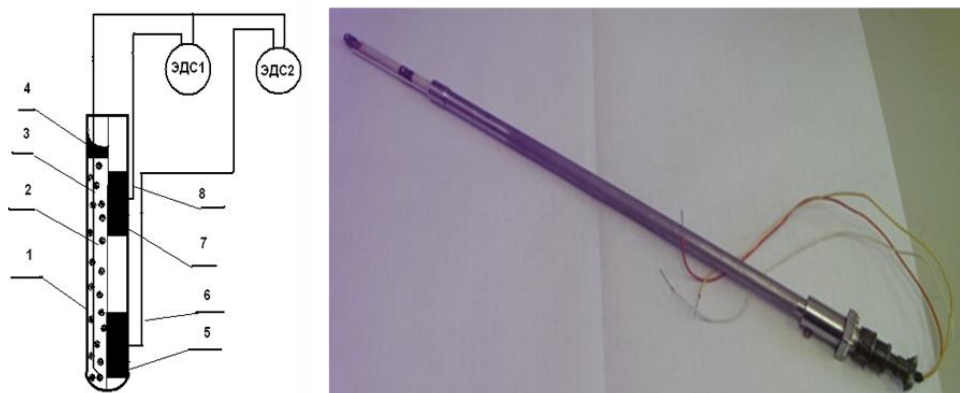


Рис. 1. Схема и общий вид сенсора: 1 – твердоэлектролитная пробирка YSZ; 2 – эталонный электрод Ni-NiO; 3 - потенциальсъемник с эталонного электрода; 4 – герметик; 5 – измерительный электрод для расплава; 6 – потенциальсъемник с измерительного электрода для расплава, 8 – потенциальсъемники с измерительного электрода для атмосферы; 7 – измерительный электрод для атмосферы; 8 – потенциальсъемник с измерительного электрода для атмосферы; ЭДС1 и ЭДС2 – потенциометры

Проверку работы сенсора осуществляли в лабораторном реакторе, который представляет собой кварцевую пробирку с установленным на дне тиглем из стеклоуглерода; соль LiCl размещали в тигле. Далее пробирка была герметизирована при помощи крышки из фторопласта с отверстиями для устройства, подачи-отвода газа, термопары и загрузки оксида лития и доведена до температуры эксперимента – 650 °С. Сенсор, во избежание термоударов, был прогрет непосредственно в реакторе. При достижении рабочей температуры сенсор был погружен в расплав и началась регистрация значений ЭДС1 и ЭДС2 сенсора. Для этого был использован PGSTAT AutoLab 302N (TheMetrOhm, Netherlands). В ходе измерений в расплав добавлялись дозированные количества Li₂O и отбирались пробы расплава для химического анализа.

Сенсор был прогрет в атмосфере аргона над соевым расплавом в течение часа. Для эксперимента использовался аргон первого сорта, высокой чистоты, прошедший дополнительную очистку от влаги. На 92 минуте эксперимента было проведено погружение сенсора в расплав LiCl на глубину 40 мм. Как видно из рисунка 2 при погружении сенсора ЭДС2 резко снизился до значения -0,12 В, после чего медленно вырос до -0,07 В. Длительное время стабилизации связано с установлением равновесного кислородного потенциала на измерительном электроде.

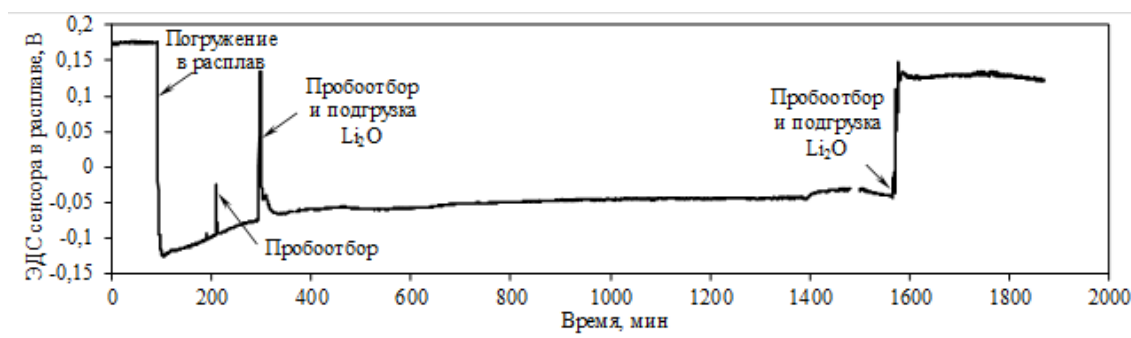


Рис. 2. Изменение ЭДС2 сенсора кислорода в расплаве LiCl-Li₂O

После добавки 0,05 мас.% Li_2O в расплав LiCl , ЭДС2 начала расти и стабилизировалась в диапазоне значений от -0,05 до -0,06 В. После 22 часов выдержки сенсора в расплаве и очередной загрузки Li_2O в размере 0,2 мас.% в расплав на 1580 минуте, ЭДС2 сенсора снова сместилась в положительную область и стабилизировалась в течение 10-12 минут на значении 0,125 В, после чего каких-либо значительных отклонений и колебаний не наблюдалось в течение суток.

В таблице 1 приведены результаты измерений ЭДС2 сенсора кислорода при разном содержании Li_2O в расплаве. Исходя из данных можно сделать вывод, что ЭДС2 сенсора реагирует на содержание оксида лития в расплаве и его значение при каждой добавке Li_2O является стабильным.

Таблица 1

Зависимость ЭДС2 сенсора кислорода в расплаве от концентрации Li_2O

Li_2O в расплаве, мас. %*	ЭДС2 сенсора, В	Активность кислорода по показаниям сенсора, %	Длительность измерения потенциала, мин
0,001	-0,13...-0,05	3,2E-19	200
0,011	-0,065...-0,050	8,3E-18	1300
0,165	0,120...0,131	9E-14	1300
0,256	0,129...0,138	1,4E-13	1200
0,380	0,144...0,152	3E-13	1400
0,407	0,157...0,165	5,8E-13	400
0,572	0,173...0,180	1,3E-12	100
0,740	0,194...0,205	3,7E-12	250
1,120	0,237...0,248	3,2E-11	1200

Основываясь на данных, полученных из рисунка 3, зависимость ЭДС2 сенсора кислорода от содержания Li_2O в исследованном диапазоне концентраций имеет линейный характер. Следовательно, концентрация Li_2O в расплавах пирохимической переработки ОЯТ с высокой точностью может быть определена непосредственно в реакторе по полученной градуировочной зависимости.

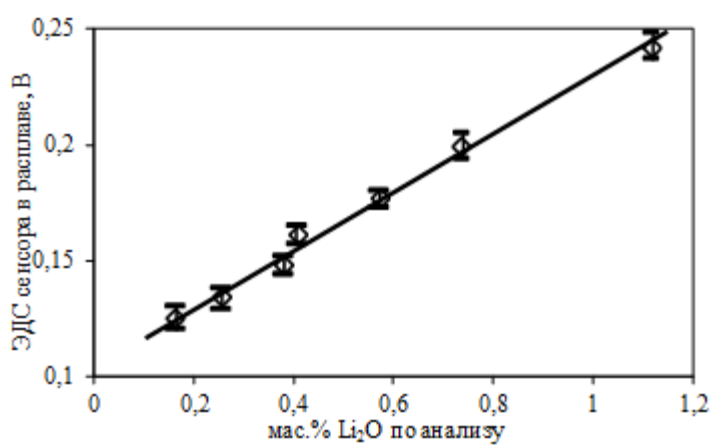


Рис 3. Зависимость ЭДС2 сенсора кислорода в расплаве $\text{LiCl-Li}_2\text{O}$ от концентрации Li_2O при температуре 650 °С

Была проведена также проверка работоспособности сенсора при его кратковременных погружениях в расплав. На рисунке 4 приведен характер изменения ЭДС2 сенсора кислорода в расплаве при его периодическом погружении сенсора в расплав LiCl с добавкой 0,4 мас.% Li_2O . После погружения в расплав сенсор выдерживали до

установления стабильного значения потенциала, после чего сенсор извлекали из расплава, выдерживали в атмосфере над расплавом и повторяли цикл снова. Из рисунка 4 можно сделать вывод, что ЭДС2 сенсора хорошо и достаточно быстро воспроизводится, а отклонение его значений от среднего не превышает $\pm 0,005$ В. Можно также сделать оценку динамических возможностей сенсора при анализе активности кислорода в солевом расплаве. Так время начала реагирования составляет от 1 с до 10 с., а выход сигнала на 90% номинального значения составляет не более 10 минут.

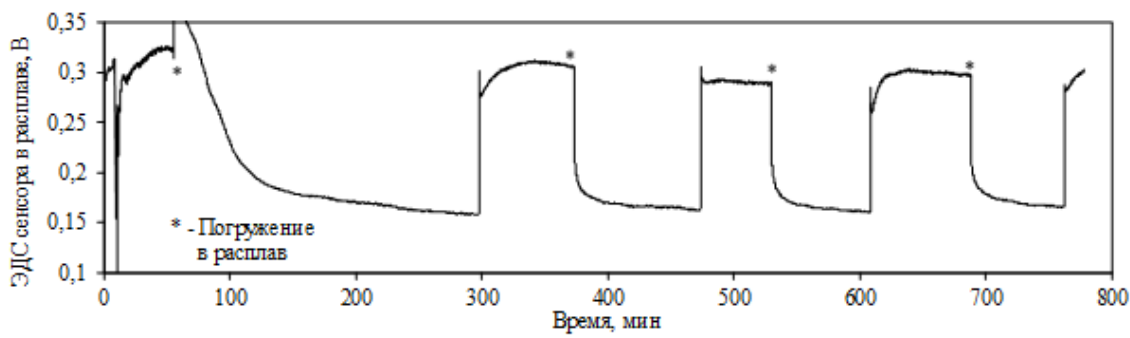


Рис. 4. Изменение ЭДС2 сенсора кислорода в расплаве LiCl-Li₂O при его периодическом погружении в расплав

В течение всего периода испытаний сенсора по измерению активности кислорода в расплаве проводился контроль показаний сенсора по измерению парциального давления кислорода в газовой фазе над расплавом LiCl-Li₂O. ЭДС1 сенсора быстро установилась и практически не менялось, как следует из рисунка 5, за исключением моментов пробоотбора и загрузок в расплав навесок Li₂O. В ходе измерений значение ЭДС1 сенсора кислорода над расплавом повышалось с увеличением содержания оксида лития в расплаве и при 1,12 мас.% оксида составило около 0,3 В, что соответствует концентрации кислорода в аргоне на уровне $7,8 \cdot 10^{-10}$ ат %. Повышение содержания кислорода над расплавом при увеличении содержания Li₂O в нем вызвано возникновением равновесия типа $O^{2-} \leftrightarrow O_2$ и реализацией закона Рауля [3].

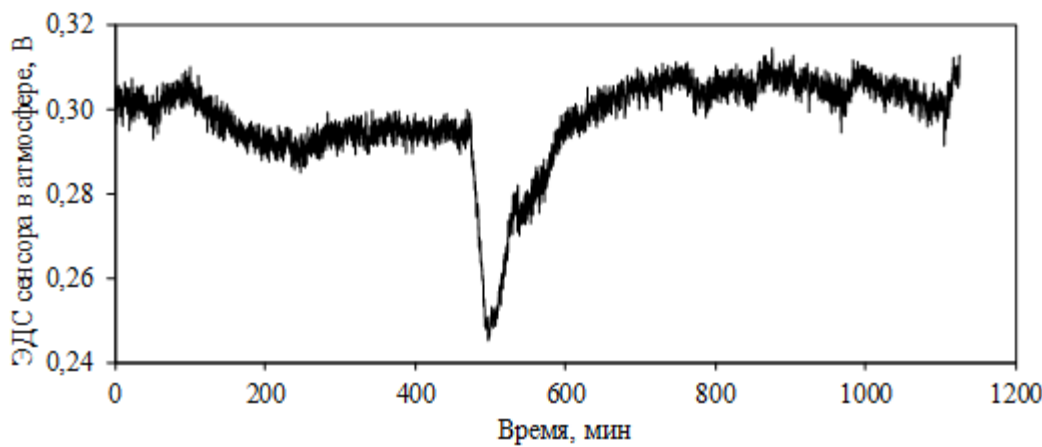


Рис. 5. Изменение ЭДС1 сенсора кислорода в атмосфере над расплавом LiCl-Li₂O в момент загрузки Li₂O

Изменения ЭДС1 сенсора связаны с пробоотбором и введением навесок Li₂O, когда в ячейку могло попасть некоторое неконтролируемое количество кислорода. Тем не менее, после проведения процедур пробоотбора или введения навески Li₂O значение ЭДС1 сенсора возвращалось к значению 0,3 В, что говорит об относительно быстрой релаксации состава атмосферы над расплавом. Кроме того, значение ЭДС1 сенсора кислорода над расплавом являются индикатором исправности устрой-

ства в целом, так как резкое изменение показаний будет сигнализировать о технологическом или инструментальном нарушении в работе датчика.

На рисунке 6 представлен сенсор после его длительной выдержки в расплаве $\text{LiCl-Li}_2\text{O}$, время выдержки составило более 500 часов, при этом устройство выдержало более 20 теплосмен. Визуальный анализ внешнего вида сенсора не показал каких-либо признаков структурных разрушений.

Результаты испытаний указывают на хорошую работоспособность и принципиальную возможность использования разработанного электрохимического сенсора для контроля активности кислорода в солевом расплаве, так и парциального давления кислорода в газовой атмосфере над расплавом в операциях пирохимической переработки ОЯТ.



Рис. 6. Внешний вид сенсора после длительных измерений в расплаве $\text{LiCl-Li}_2\text{O}$

В результате проведенных исследований можно сделать вывод, что сенсор кислорода в расплаве $\text{LiCl-Li}_2\text{O}$ реагирует на изменение концентрации оксида лития, при этом в измеренном диапазоне зависимость ЭДС2 сенсора от содержания Li_2O является линейной и воспроизводимой. Отклонение значений ЭДС2 сенсора от среднего значения не превышали $\pm 5\%$. Сенсор показал работоспособность и хорошую воспроизводимость результатов измерения как в условиях постоянного нахождения сенсора в расплаве, так и при его периодическом погружении в расплав.

Контроль парциального давления кислорода в атмосфере над расплавом показал, что состав атмосферы над расплавом с постоянным содержанием оксида лития стабилен, при этом повышение содержания оксида в расплаве приводит к увеличению кислородосодержания в атмосфере над расплавом. Например, значение ЭДС1 сенсора кислорода в атмосфере над расплавом $\text{LiCl-Li}_2\text{O}$ с содержанием 1,12 мас.% Li_2O составило 0,3 В, что соответствует концентрации кислорода в аргоне на уровне $7,8 \cdot 10^{-10}$ ат. %.

В целом можно сделать вывод, что предложенный сенсор был экспериментально испытан и показал хорошую работоспособность в течение более 500 часов при 20 теплосменах. Это указывает на возможность его использования для контроля пирохимических процессов переработки ОЯТ.

Список литературы:

1. Рачков В.И., Каграманян В.С., Усанов В.И. Ядерная энергетика как составляющая инновационного развития в условиях глобализации мировой экономики / В.И. Рачков, В.С. Каграманян, В.И. Усанов // Атомная энергия, 2014. – Т.116 – Вып.4 – С.189 – 194.
2. Першин П.С., Вальцева А.И. Суздальцев А.В., Зайков Ю.П. Поведение кислородопроводящих керамических материалов в расплавах хлорида лития / П.С. Першин, А.И. Вальцева, А.В. Суздальцев, Ю.П. Зайков // Бутлеровские сообщения, 2018. – Т.56. – № 10. – С. 84-91.

3. Демин А.К., Сомов С.И. Датчик для измерения концентрации кислорода в газовых смесях в условиях постоянного давления / А.К. Демин, С.И. Сомов // Аналитика и контроль, 1998. – Т.2. – № 3–4. – С. 47-51

OXYGEN SENSOR FOR PYROCHEMICAL REACTORS SNF REPROCESSING

**P.S. Pershin¹, A.I. Valtseva², A.S. Kalyakin¹, A.N. Volkov¹, A.V. Suzdaltsev¹,
Yu.P. Zaikov^{1,2}**

¹*Institute of High-Temperature Electrochemistry UB RAS, Ekaterinburg, 620137, Russia,
e-mail: paffka19@yandex.ru*

²*Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin,
Ekaterinburg, 620002, Russia, e-mail: alex-liga@yandex.ru*

Abstract

The paper presents the basic scientific principles and results of experimental verification of the electrochemical sensor for measuring oxygen of salt melts in pyrochemical reactors of SNF. The sensor allows continuous measurement of oxygen activity in the oxide-chloride melt and partial pressure of oxygen in the gas atmosphere above the melt directly during the pyrochemical processing process. The lifetime of continuous operation of the sensor was more than 500 hours, and the number of thermal cycles without destruction – at least 20.

УДК 502.5

МОНИТОРИНГ ПОЛИГОНА ДЛЯ ЗАХОРОНЕНИЯ ОТХОДОВ НА ФГУП «ПО «МАЯК»

П.В. Пичугина¹

¹ФГУП «ПО «Маяк», г. Озерск, 456780, Россия, e-mail: cpl@po-mayak.ru

Федеральное государственное унитарное предприятие «Производственное объединение «Маяк» (ФГУП «ПО «Маяк») находится на территории ЗАТО Озерского городского округа. ФГУП «ПО «Маяк» принадлежит полигон для захоронения отходов производства и потребления III – V классов опасности. В 2019 году ФГУП «ПО «Маяк» отказался от размещения на полигоне отходов III класса опасности. Полигон внесен в государственный реестр объектов размещения отходов и является объектом негативного воздействия на окружающую среду I категории в соответствии с действующими критериями.

Полигон полностью расположен в пределах промышленной территории ФГУП «ПО «Маяк», предназначен для размещения твердых коммунальных отходов и отходов производства и потребления основных и вспомогательных производств ФГУП «ПО «Маяк». С июня 2019 года предусмотрен сбор отходов для захоронения на полигоне от сторонних организаций. Также полигон является площадкой для захоронения отходов, загрязненных радионуклидами природного и техногенного происхождения, для отходов установлены контрольные уровни радиационной безопасности.

Полигон был построен и введен в эксплуатацию в 2008 году по проекту 2004 года. Проектом предусмотрен противофильтрационный экран (геомембрана), обваловка, устройство дренажного канала, минерализованной противопожарной полосы, а также емкостей для сбора фильтрата и скважин для отбора проб воды.

Перечень и состав захораниваемых на полигоне отходов приведен в программе мониторинга Пг-22-ТО-032-2016, количество захораниваемых отходов IV – V классов опасности – 83 вида.

В соответствии с программой мониторинга на полигоне осуществляются наблюдения за состоянием следующих объектов окружающей среды: подземные воды, почва, атмосферный воздух. Наблюдения осуществляются силами аккредитованных лабораторий свыше 7 лет подряд.

При анализе результатов производственного контроля учитывается динамика уровней контролируемых показателей относительно фоновых величин. Контрольная скважина для отбора проб грунтовых вод 2/95 заложена выше полигона по течению грунтовых вод, характеризующее их исходное состояние. Контрольная точка 2 для отбора проб для контроля концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе закладывается выше полигона по преобладающему направлению ветра, незагрязненного другими внешними факторами негативного воздействия на окружающую среду. Контрольные точки для отбора проб почв 1, 12 закладываются выше полигона по естественному рельефу местности в высших точках, с учетом возможного распространения загрязнения почвенного покрова по движению поверхностных и талых вод.

В 2020 году полный перечень наблюдаемых показателей качества составит 38 критериев для подземных вод, 25 критериев для почвы, 8 критериев для атмосферного воздуха.

На полигоне запрещено захоронение пищевых отходов, в составе мусора от офисных и бытовых помещений несортированного ежегодно вместе с упаковкой может захораниваться до 102,9 тонн пищевых остатков. Однако воздействие на атмосферный воздух в результате гниения остатков пищи и образования биогаза

понижено, что подтверждают органолептические показатели и результаты лабораторных исследований проб воздуха.

Состояние грунтовых вод и почв (по результатам анализов протоколов лабораторных исследований проб почв, грунтовых вод за 2016 – 2018 годы) удовлетворительное, превышение ПДК в некоторых пробах объясняется исключительно влиянием линзы подземных вод специального промышленного водоема В-9 (Карачай).

Результаты исследований большинства проб близки к фоновым значениям. Незначительность воздействия полигона захоронения отходов на состояние окружающей среды обусловлена небольшим, в сравнении с прочими полигонами, объемом захоронения отходов и преобладанием в составе отходов IV – V классов опасности. Объем размещаемых на полигоне отходов в течение 2016, 2017, 2018 годов по результатам учета остался на прежнем уровне. Противофильтрационный экран является достаточной мерой защиты компонентов окружающей среды от негативного воздействия полигона для захоронения отходов ФГУП «ПО «Маяк».

На основании многолетних (за период с 2008 по 2018 годы) исследований сделаны следующие выводы о проведении наблюдений за конкретными компонентами природной среды и природными объектами:

1. Наибольшее воздействие объем захораниваемых отходов оказывает на почву, грунтовые воды и атмосферный воздух. Это воздействие носит прежде всего химический характер.

2. Отдельные экосистемы и природные ландшафты в районе расположения объекта размещения отхода не подлежат включению в программу мониторинга полигона в связи с тем, что полигон расположен на территории промышленной площадки вблизи от крупного техногенного источника загрязнения окружающей среды – специального промышленного водоема В-9 (Карачай).

3. Анализ геохимических данных о состоянии грунтовых вод и почв (по результатам протоколов лабораторных исследований за 2017 год) говорит о минимальном воздействии полигона на компоненты окружающей среды. Свидетельств угнетения растительного покрова нет. Таким образом, отсутствует необходимость проведения постоянных наблюдений за объектами растительного мира, животного мира.

4. В рамках соблюдения государственных санитарно-гигиенических норм и правил необходимо отслеживать отдельные биологические (санитарно-гигиенические) показатели почв и грунтовых вод.

Список литературы:

1. Отчет о результатах мониторинга состояния и загрязнения окружающей среды на территории объекта размещения отходов (полигона для захоронения отходов производства и потребления III – V классов опасности ФГУП «ПО «Маяк») и в пределах его воздействия на окружающую среду за 2018 год [Текст]: А.И. Алексахин, П.В. Пичугина, Е.В. Антропова – Озерск, 2019. – 573 с.
2. Программа ведения мониторинга загрязняющих веществ в районе полигона для захоронения отходов ФГУП «ПО «Маяк» Пг-22-ТО-032-2019 (проект) [Текст]: П.В. Пичугина – Озерск, 2019. – 573 с.

ENVIRONMENTAL MONITORING IN THE AREA OF THE WASTE DISPOSAL FACILITY AT MAYAK PRODUCTION ASSOCIATION

P.V. Pichugina¹

¹ *Federal State Unitary Enterprise Mayak Production Association, Ozyorsk, 456780, Russia, e-mail: cpl@po-mayak.ru*

Abstract

The main features of environmental monitoring in the area of the waste disposal facility at Mayak Production Association are considered. As a result, the conclusions were drawn on the observation of specific components of the natural environment and natural objects.

ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКОТОКСИКАНТОВ В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

О.А. Плотникова, Г.В. Мельников, Е.И. Тихомирова

*Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
г. Саратов, 410054, Россия, e-mail: plotnikova_o_a@mail.ru*

Опаснейшими экотоксикантами являются полициклические ароматические углеводороды (ПАУ). Основными антропогенными источниками их поступления в окружающую среду являются предприятия энергетического комплекса, автомобили, химическая и нефтеперерабатывающая промышленность. Многие представители группы ПАУ обладают канцерогенными и мутагенными свойствами, способны оказывать значительный ущерб здоровью населения и состоянию окружающей среды. В связи с этим актуальным является разработка экспрессных, чувствительных и доступных методов контроля содержания данных веществ в объектах окружающей среды [1]. Известен целый ряд физико-химических методов определения ПАУ. Так как многие ПАУ являются люминофорами, то весьма перспективными для их анализа являются люминесцентные методы. Люминесцентные методы характеризуются высокой чувствительностью [2-7], что особенно важно для анализа следовых концентраций веществ в объектах окружающей среды.

Среди люминесцентных методов наибольшее распространение получил метод, основанный на применении эффекта Шпольского. Известно, что спектры люминесценции растворов большинства органических веществ представляют собой широкие размытые полосы, что затрудняет их идентификацию. Понижение температуры до ~77 К приводит к значительному сужению полос, и по типичным квазилинейчатым спектрам можно идентифицировать и количественно определять вещества. На данном эффекте основан метод низкотемпературной люминесценции [2]. Однако сложность низкотемпературных измерений препятствует широкому распространению данного метода анализа. Другой способ повысить интенсивность излучательных процессов заключается в применении для наблюдения люминесценции ПАУ водно-мицеллярных растворов поверхностно-активных веществ (ПАВ). На этом основан метод мицеллярно-стабилизированной флуоресценции [3].

Эффективным способом повышения вероятности процессов излучательной дезактивации возбужденных состояний молекул является иммобилизация люминофора на твердой подложке [4]. На этом явлении основан метод твердофазной люминесценции (ТФЛ). Проявление ТФЛ при комнатной температуре связано с уменьшением скорости тушения кислородом возбужденных состояний молекул сорбированных органических соединений. Он позволяет наблюдать флуоресценцию и фосфоресценцию веществ при комнатной температуре. Последняя наблюдается при добавлении ионов тяжелых атомов (Tl^+ , Ag^+ , Pb^{2+} , Pb^{4+} , $Bг$, I и др.) на твердую подложку [5]. В ряде случаев, в том числе для повышения селективности определения, перспективным является применение триплет-триплетного переноса энергии между донорами (например, красителями акридинового или ксантенового ряда) и акцепторами (ПАУ) энергии. При наблюдении люминесценции на твердых подложках сорбцию люминофоров осуществляют на различные матрицы: силикагель, ацетат натрия, β -циклодекстрины, клиноптилолит, пенополиуретаны. Наибольшее распространение получила целлюлозная матрица [4], волокна которой обладают способностью иммобилизовать на их поверхности различные вещества. Возникновению ТФЛ способствует образование водородных связей между полярными люминофорами и гидроксильными группами целлюлозной матрицы. В случае неполярных соединений сорб-

сионное взаимодействие между ними и полярной целлюлозной матрицей затруднено, и сорбция веществ в этом случае обусловлена слабыми дисперсионными силами.

Известно, что на интенсивность сигнала ТФЛ люминофоров, сорбированных на целлюлозной матрице, существенное влияние оказывают добавки различных веществ: щелочей, солей, поверхностно-активных веществ. Они могут, как снижать, так и значительно усиливать интенсивность люминесценции. Механизм их действия на интенсивность ТФЛ различен. Различные модификации матриц могут приводить к изменению эффективности сорбции веществ, влиять на жесткость матрицы, препятствовать тушению кислородом возбужденных состояний молекул, способствовать сближению ТА с люминофором.

Таким образом, целью данной работы было сравнительное изучение различных люминесцентных методов для определения ПАУ в водных средах. В качестве модельного соединения для экспериментальных исследований был взят полициклический ароматический углеводород - пирен фирмы «Fluka» марки «rigum». Вибронная структура спектра флуоресценции модельного соединения пирена наблюдается в диапазоне длин волн 360 - 400 нм. Исходные растворы пирена готовят растворением навесок вещества в соответствующем растворителе. Рабочие растворы готовят растворением исходных образцов. Контроль над растворением проводят по измерению оптической плотности растворов. Растворение протекает полностью в течение двух суток. Для приготовления водно-мицеллярных растворов применялся катионный ПАВ - цетилтриметиламмония бромид (ЦТАБ) и анионный ПАВ – додецилсульфат натрия (ДСН). Для твердофазной экстракции и люминесцентных исследований применяли целлюлозную матрицу - фильтры марки «красная лента» (ТУ 6-09-1678-95, ЭКРОС, г. Санкт-Петербург). ПАУ сорбировали в динамическом режиме. Для этого раствор пропускали через слой сорбента, находящийся в пластиковом шприце (время контакта фаз 30 мин). Затем целлюлозный сорбент сушили 15 мин при температуре 80°C. Использовали образцы массой 0,06 г. Спектры люминесценции ПАУ были получены на флуоресцентном спектрометре LS 55 (Perkin-Elmer). Для растворов с большой концентрацией, а также образцов целлюлозы применяют фронтальный метод облучения и регистрации. Длина оптического пути кварцевых кювет 1 см.

Большинство ПАУ являются сильнейшими токсикантами, представляющими опасность даже при незначительном их содержании в окружающей среде. Поскольку ПАУ в окружающей среде содержатся в очень малых количествах, для их люминесцентного определения необходимо использовать предварительное концентрирование растворов. Наиболее применимо для этих целей сорбционное концентрирование (или твердофазная экстракция) [4]. Сорбционное концентрирование в сочетании с измерением аналитического сигнала на поверхности сорбента позволяет снизить предел обнаружения определяемых компонентов,

Экспериментально установлено, что интенсивность флуоресценции пирена на матрице выше, чем в водном растворе, из которого осуществлялась его сорбция. Возрастание интенсивности флуоресценции пирена при сорбции на матрицы по сравнению с водными растворами можно объяснить потерей подвижности молекул пирена и, как следствие, увеличением вероятности излучательных переходов (флуоресценция) из первого синглетного возбужденного состояния в основное, по сравнению с без излучательными переходами.

Использование сорбентов, модифицированных специфическими аналитическими реагентами, дает возможность повысить эффективность сорбции и улучшить аналитические характеристики метода. Для модификации часто используют нековалентную иммобилизацию реагентов на поверхности сорбентов.

Перспективными модифицирующими твердую матрицу агентами являются поверхностно-активные вещества (ПАВ) [6, 7]. Исследование методов модифицирования поверхности твердых матриц для повышения аналитического сигнала сорбиро-

ванных веществ и снижения пределов их обнаружения является весьма актуальной задачей. Особенно это касается определения экотоксикантов с низкими предельно допустимыми концентрациями в объектах окружающей среды.

Сорбция пирена из водно-мицеллярных растворов ПАВ, способствует концентрированию солюбилизированного в мицеллах ПАВ пирена в поверхностном слое сорбента [6]. Анализ спектров флуоресценции пирена на целлюлозной матрице, полученных при его сорбции из растворов с различным содержанием ПАВ, позволил построить соответствующие зависимости. Установлено, что максимальный сигнал флуоресценции сорбированного целлюлозной матрицей пирена наблюдается при концентрациях ПАВ вблизи критических концентраций мицеллообразования (ККМ).

Известно [8], что сорбция катионного ПАВ на отрицательно заряженную матрицу более эффективна по сравнению с анионных ПАВ. Возможно, это связано с тем, что катионное ПАВ лучше взаимодействует с гидрофильной матрицей, в структуру которой входит гидроксильные группы OH^- . Нами подтверждено данное предположение экспериментально. При сорбции пирена из водного раствора ЦТАБ на целлюлозную матрицу наблюдается резкое возрастание интенсивности флуоресценции пирена при увеличении концентрации катионного ПАВ в растворе.

Максимум флуоресценции пирена на целлюлозе наблюдается при ККМ ЦТАБ в растворе ($9,5 \cdot 10^{-4}$ М). Дальнейшее увеличение концентрации не приводит к значительному увеличению интенсивности сигнала флуоресценции пирена на бумаге.

Однако при использовании ЦТАБ ни в растворе, ни на целлюлозной матрице не наблюдалась фосфоресценция пирена, позволяющая проводить анализ смеси ПАУ с большей селективностью, поскольку максимумы спектров флуоресценции отдельных ПАУ более разнесены по длинам волн, нежели спектров флуоресценции. Вероятно, это связано с электростатическим отталкиванием одноименно заряженных катионов тяжелого атома, добавление которого необходимо для наблюдения фосфоресценции ПАУ, и катионного ПАВ. Поэтому в случае наблюдения фосфоресценции на целлюлозной матрице целесообразно в качестве концентрирующего и модифицирующего реагента использовать анионное ПАВ – ДСН.

Получены линейные зависимости интенсивности люминесценции пирена от его содержания в изученных системах. Сравнительные характеристики количественного определения представителя группы ПАУ пирена на целлюлозной матрице, полученные различными люминесцентными методами представлены в таблице.

Таблица 1

Метрологические характеристики люминесцентных методов определения пирена на целлюлозной матрице

Метод обнаружения	C_{\min} , нг/мл	Область линейности градуировочного графика, нг/мл
Флуоресценция	4,9	10 - 2000
Фосфоресценция	6	10 - 1600
Т-Т перенос	8	400 - 10000

Для наблюдения флуоресценции и Т-Т переноса матрицу модифицировали ЦТАБ, для наблюдения фосфоресценции – ДСН. Для усиления фосфоресценции на целлюлозную матрицу добавляли соли тяжелого атома - ацетат свинца. В качестве донора энергии электронного возбуждения для регистрации Т-Т переноса энергии использовался акридиновый краситель трипафлавин. В результате переноса энергии нами наблюдалось уменьшение интенсивности замедленной флуоресценции трипафлавина с увеличением концентрации пирена на целлюлозной матрице. Экспериментально установлено, что сорбция люминофоров на модифицированную мицел-

лярными наносистемами целлюлозную матрицу позволяет значительно увеличить интенсивность сигнала флуоресценции, а значит снизить предел обнаружения.

Таким образом, экспериментально подобраны оптимальные характеристики люминесцентного определения ПАУ на основе модифицированной мицеллярными наносистемами целлюлозной матрицы. Данные методы могут быть использованы для разработки люминесцентных сенсорных систем и датчиков для оперативного контроля содержания ПАУ. Разработанные люминесцентные методы могут быть рекомендованы для использования в различных экологических подразделениях для мониторинга содержания экотоксикантов ПАУ в водных средах.

Результаты работы получены в рамках выполнения государственного задания № 5.3922.2017/64 Минобрнауки России.

Список литературы:

1. Эколого-аналитический мониторинг стойких органических загрязнителей / В.Н. Майстренко, Н.А. Ключев. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015.
2. Wang H. Direct determination of benzo [a] pyrene in water samples by a gold nanoparticle-based solid phase extraction method and laser-excited time-resolved Shpol'skii spectrometry / H. Wang and A. D. Campiglia // *Talanta*. – 2010. – V.83. – P. 233–240.
3. Santana Rodríguez J. J. Environmental analysis based on luminescence in organized supramolecular systems / J. J. Santana Rodríguez, R. Halko, J. R. Betancort Rodríguez, and J. J. Aaron // *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. – 2006. – V. 385. – № 3. – P. 525–545.
4. Ackerman A. H. Methods for coating filter paper for solid-phase microextraction with luminescence detection and characterization of the coated filter paper by infrared spectrometry / A. H. Ackerman and R. J. Hurtubise // *Anal. Chim. Acta*. – 2002. – V. 474. – № 1-2. – P. 77–89.
5. Hurtubise R. J. Solid-Phase Room-Temperature Phosphorescence / R. J. Hurtubise, A. L. 4. Thompson, and S. E. Hubbard // *Analytical Letters*. – 2005. – V. 38. – P. 1823–1845.
6. Дячук О.А. Модифицирование целлюлозной матрицы для люминесцентного анализа экотоксикантов / О.А. Дячук, Г.В. Мельников, Т.И. Губина, Е.И. Тихомирова // *Химическая физика*. – 2012. – Т. 31. – № 10. – С. 21.
7. Jiaming L. Determination of trace tin by solid substrate-room temperature phosphorimetry using sodium dodecyl sulfate as sensitizer / L. Jiaming, Z. Guohui, Y. Tianlong, W. Aihong, F. Yan, and L. Longdi // *Spectrochim. Acta - Part A Mol. Biomol. Spectrosc.* – 2003. – V. 59. – P. 2081–2085.
8. Когановский А. М. Адсорбция органических веществ из воды / А. М. Когановский, Н.А. Клименко, Т.М. Левченко, И.Г. Рода. – Л.: Химия. 1990. – 256 с.

LUMINESCENT METHODS FOR ECOTOXICANT ENVIRONMENTAL MONITORING

O.A. Plotnikova, G.V. Melnikov, E.I. Tikhomirova

Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Saratov, 410054, Russia

e-mail: plotnikova_o_a@mail.ru

Abstract

The paper presents the comparative study experimental results of various luminescent methods for the polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) determination in aqueous media. The best ecological and analytical indicators were observed when using the solid-phase luminescence method on a surfactant-modified cellulose matrix. The developed methods can be recommended for PAHs monitoring in aqueous media.

РАЗРУШЕНИЕ БАКТЕРИАЛЬНОЙ ПЛЕНКИ ПОСРЕДСТВОМ КАТОЛИТА

**А.Г. Погорелов, А.Л. Кузнецов, О.А. Суворов, Л.Г. Ипатова,
М.А. Погорелова, А.И. Панаит**

*ФГБУН Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН,
Пушино, 142290, Российская Федерация, e-mail: agpogorelov@rambler.ru*

Во многих отраслях производства образование биоплёнки приводит к значительным потерям ресурсов и снижению эффективности, что заставляет искать способы её удаления [1, 2]. Микробная плёнка образуется на границе твёрдой поверхности и влажной среды в виде многоклеточного сообщества, погружённого в полимерный матрикс [3, 4]. По сравнению с планктонной формой биоплёнка, формируя собственный гомеостаз, обеспечивает микроорганизмам защиту от антибиотиков, а также от механического разрушения внешним потоком жидкости [5–7]. Повышение устойчивости к антимикробным препаратам требует значительного увеличения их концентрации в дезинфицирующих растворах, что оказывает дополнительную экологическую нагрузку на окружающую среду. Поэтому актуальной является разработка принципиально новых способов удаления биоплёнки, которые были бы одновременно экономичны, эффективны и экологически безопасны. Альтернативу традиционной очистке представляет обработка электрохимически активированными (ЭХА) водными растворами, обладающими широким бактерицидным диапазоном действия [8, 9]. Цель настоящей работы состояла в том, чтобы исследовать эффект, который оказывает на клеточную компоненту и матрикс обработка бактериальной плёнки восстановленным ЭХА раствором.

Работа выполнена на бактериальной плёнке, сформированной в циркуляционном реакторе в условиях лабораторного эксперимента [10–12]. Слой микроорганизмов формировался на внутренней поверхности пористой трубки из ПВХ в водном потоке, содержащем суспензию клеток кишечной палочки *E. coli* или/и молочнокислых бактерий. Бактериальную плёнку удаляли посредством обработки просвета трубки потоком ЭХА водного раствора – католита (окислительно-восстановительный потенциал –50 мВ, рН 13,5). В качестве контроля использовали бактериальную плёнку, которую промывали обычной водой из бытового трубопровода (окислительно-восстановительный потенциал +290 мВ, рН 7,3). Изменение тонкой структуры поверхности образца изучали посредством сканирующей электронной микроскопии (SEM). Основные принципы подготовки препарата для SEM описаны ранее [13, 14]. Кратко, отрезок трубки циркуляционного реактора фиксировали в растворе 1.5% глутарового альдегида при 4°C в течение 12 ч, затем в растворе 1% OsO₄ при комнатной температуре. После фиксации образец дегидратировали в батарее растворов этанола возрастающей концентрации: 50, 75, 80, 90 и 98%. Для удаления спирта образцы переносили в гексаметилдисилазан (HMDS), после чего высушивали на воздухе. Готовый препарат прикрепляли к держателю микроскопа с последующим нанесением на его поверхность плёнки платины (10 нм) в установке JFC-1600 (JEOL, Япония). Тонкую структуру рельефа поверхности изучали в сканирующем электронном микроскопе JSM-6390A (JEOL, Япония), используя режим вторичных электронов при ускоряющем напряжении 10 кВ.

На рисунке 1 представлены микрофотографии бактериальной плёнки, полученные посредством SEM. Препарат сформирован на внутренней поверхности пористой трубки из поливинилхлорида (ПВХ) в циркуляционном реакторе при разных условиях удаления слоя бактерий.

Видно (рис.1), что используемый лабораторный реактор эффективен для формирования бактериальной плёнки. Предложенная схема эксперимента позволяет как задавать параметры культивирования бактериальной плёнки, так и моделировать условия воздействия. Сравнение ультраструктуры рельефа препарата после отмытки обычной водой или щелочным ЭХА водным раствором (католитом), показывает качественное различие рассматриваемых способов обработки. На микрофотографии (рис. 1а) контрольного препарата нельзя различить отдельные виды молочнокислых бактерий, но плотная многослойная упаковка клеток свидетельствует о формировании зрелого матрикса.

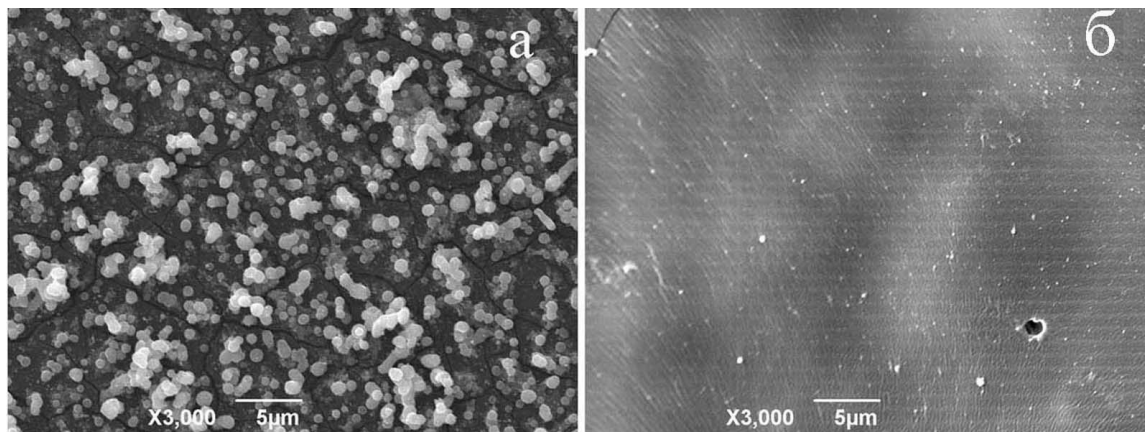


Рис. 1. SEM микрофотографии плёнки, сформированной молочнокислыми бактериями на поверхности ПВХ трубки: *а* – поверхность обработана потоком обычной воды; *б* – поверхность обработана потоком католита.

Иную картину мы наблюдали после промывки просвета трубки католитом (рис. 1б), когда происходило полное удаление клеточного состава. На обрабатываемой поверхности оставались отдельные фрагменты матрикса, которые не визуализировались посредством оптической микроскопии. Таким образом, католит оказывал значительное дезинфицирующее действие, хотя фрагменты матрикса могли быть причиной быстрой регенерации бактериальной плёнки.

Представляет интерес формирование и дезинтеграция биоплёнки, сформированной композицией молочнокислых бактерий и *E. coli*. Кишечная палочка сосуществует в симбиозе с человеком и легко распространяется во многих сферах его деятельности. В пищевом производстве этот микроорганизм служит санитарным показателем состояния предприятия. Сравнительные микрофотографии, иллюстрирующие данный эксперимент, представлены на рис. 2.

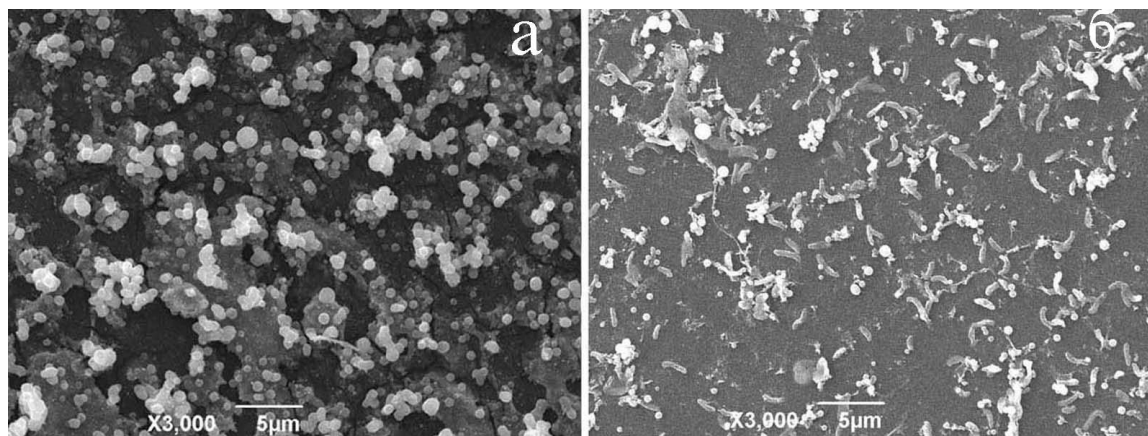


Рис. 2. SEM микрофотографии плёнки, сформированной композицией кишечной палочки и молочнокислых бактерий на поверхности ПВХ трубки: *а* – поверхность обработана потоком обычной воды; *б* – поверхность обработана потоком католита.

На рисунке (рис. 2а) видно, что для контрольного препарата характерна структура в виде колоний, содержащих клетки кишечной палочки. В результате обработки катодом вид плёнки существенно менялся (рис. 2б). Как и в случае без *E. coli* молочнокислые бактерии удалены, но на поверхности остались фрагменты клеток. Результат анализа ПЦР с обратной транскрипцией (данные не представлены) показал, что эти фрагменты принадлежат кишечной палочке. Возможно, этот факт объясняется тем, что сцепление *E. coli* с относительно мягкой поверхностью трубки из ПВХ обусловлено не только адгезией, но и механическим закреплением посредством нитевидного придатка.

В завершение можно сделать следующие выводы. Морфологический анализ наличия на поверхности фрагментов матрикса и клеточной компоненты представляет собой эффективный подход для оценки качества удаления биоплёнки. Обработка ЭХА водным раствором разрушает основные компоненты бактериальной плёнки и производит выраженный дезинфицирующий эффект. Установили, что метастабильная фракция воды из катодной камеры электролизера (катодит), удаляет матрикс и клеточную компоненту плёнки, сформированную молочнокислыми бактериями, но не действует на кишечную палочку. Мы предполагаем, что катодит, подавляя механизм адгезии бактерии к подложке, не влияет на механическое сцепление *E. coli* с микрорельефом поверхности посредством нитевидного придатка. Возможно, для более эффективного удаления матрикса следует использовать комбинированное воздействие обеих фракций АХЭ раствора.

Эта работа выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда, грант № 17-76-20014.

Список литературы:

1. Garrett T.R. Bacterial adhesion and biofilms on surfaces / M. Bhakoo, Z Zhang. // Prog. Nat. Sci. - 2008. - Vol. 18. - P. 1049–1056.
2. Bakhir V.M. Universal Electrochemical Technology for Environmental Protection/ A.G. Pogorelov // Int. J. Pharm. Res. & Allied Sci. – 2018. Vol. 7. - P. 41-57.
3. Shirliff M.E. Molecular interactions in biofilms / J.T. Mader, A.K. Camper // Chem. Biol. - 2000. - Vol. 9. - P. 859–871.
4. Costerton J.W. Introduction to biofilm // Int. J. Antimicrob. Agents. - 1999. - Vol. 11. - P. 217–221.
5. Bridier A. Resistance of bacterial biofilms to disinfectants: a review / Briandet R., Thomas V., Dubois-Brissonnet F. // Biofouling. - 2011. - Vol. 27. - P. 1017–1032.
6. Nguyen D. Active starvation responses mediate antibiotic tolerance in biofilms and nutrient-limited bacteria/ A. Joshi-Datar, F. Lepine, E. Bauerle, O. Olakanmi, Beer K., G. McKay, R. Siehnel, J. Schafhauser, Y. Wang, B.E. Britigan, P.K. Singh // Science. - 2011. - Vol. 334. - P. 982–986.
7. Drescher K. Biofilm streamers cause catastrophic disruption of flow with consequences for environmental and medical systems/ Y. Shen, B.L. Bassler, H.A. Stone // Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. - 2013. - Vol. 110. - P. 4345–4350.
8. D'Atanasio N. A new acid-oxidizing solution: assessment of its role on methicillin-resistant staphylococcus aureus (MRSA) biofilm morphological changes/ A. Capezone de Joannon, G. Mangano, M. Meloni, N. Giarratana, C. Milanese, S. Tongiani // Wounds. - 2015. - Vol. 27. - P. 265–273.
9. Cloete T.E. The antimicrobial mechanism of electrochemically activated water against *Pseudomonas aeruginosa* and *Escherichia coli* as determined by SDS-PAGE analysis / M.S. Thantsha, M.R. Maluleke, R. Kirkpatrick // J. Appl. Microbiol. - 2009. - Vol. 107. - P. 379–384.
10. Ludecke C. Reproducible biofilm cultivation of chemostat-grown *Escherichia coli* and investigation of bacterial adhesion on biomaterials using a non-constant-depth film

- fermenter / K.D. Jandt, D. Siegismund, M.J. Kujau, E Zang., M. Rettenmayr, J. Bossert, M. Roth // PLoS ONE. - 2014. - Vol. 9. - P. e84837–e84837.
11. Cruz S.A. Bursting the bubble on bacterial biofilms: a flow cell methodology / R. Popat, M.T. Rybtke, M. Cámara, M. Givskov, T. Tolker-Nielsen, S.P. Diggle, P. Williams // Biofouling. - 2012. - Vol. 28. - P. 835–842.
 12. Rollet C. Biofilm-detached cells, a transition from a sessile to a planktonic phenotype: a comparative study of adhesion and physiological characteristics in *Pseudomonas aeruginosa* / L. Gal, J. Guzzo // FEMS Microbiol. Lett. - 2009. Vol. - 290. - P. 135–142.
 13. Pogorelov A.G. Scanning Electron Microscopy of Biosynthetic Wound Dressings Biocol / V.B. Gavriilyuk V.N. Pogorelova, B.K. Gavriilyuk // Bull. Exp. Biol. Med. - 2012. – Vol. 154. – P. 167-170.
 14. Pogorelov A.G. Scanning electron microscopy of biofilms adherent to the inner catheter surface / I.V. Chebotar, V.N. Pogorelova // Bull. Exp. Biol. Med. – 2014. – Vol. 157. - P. -711-714.

BACTERIAL FILM DISINTEGRATION WITH ELECTROCHEMICALLY REDUCED WATER

**A.G. Pogorelov, A.L. Kuznetsov, O.A. Suvorov, L.G. Ipatova,
M.A. Pogorelova, A.I. Panait**

*Institute of Theoretical and Experimental Biophysics, Russian Academy of Sciences,
Pushchino, 142290, Russian Federation, e-mail: agpogorelov@rambler.ru*

Abstract

This work aimed to study the fine structure of bacterial films grown on the inner tuber surface of flow reactor. Applying scanning electron microscopy (SEM) approaches, the detailed biofilm relief was visualized. The action of electrochemically reduced water (ERW) on the biofilm ultrastructure generated by the plankton form of *E.coli* and/or lacto bacteria was investigated. Treatments with an ERW solution were exhibited to destroy the biofilm organic polymer matrix and bacterial cells embedded in a matrix.

СЕЗОННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ИХТИОПЛАНКТОНА В АКВАТОРИИ СЕВАСТОПОЛЬСКОЙ БУХТЫ

П.С. Подрезова; В.В. Губанов

ФГБУН «Институт морских биологических исследований имени А.О. Ковалевского РАН», г. Севастополь, РФ, e-mail: polyklim@imbr-ras.ru

Эмбриональное, постэмбриональное развитие рыб, а также их размножение в связи с особенностями гидролого-гидрохимического режима и геологического строения Черного моря происходит в основном в прибрежных водах и ограничено акваторией шельфа. При этом загрязнение наиболее интенсивно происходит в бухтах и его влияние на биоту проявляется особенно отчетливо, что делает изучение состояния ихтиоценозов в бухтах крайне актуальным [1]. Повышенная чувствительность икры и личинок рыб при воздействии на них абиотических факторов различного характера определяет выживание рыб на ранних стадиях развития, отражается на видовом составе и численности ихтиопланктона, что дает возможность использовать эти данные при оценке экологического состояния изучаемой акватории [2, 3].

Материал и методика. Ихтиопланктон собирали на 7 станциях в прибрежной акватории моря в районе Севастопольской бухты с борта ялика с периодичностью 1-3 раза в месяц в период с февраля по декабрь 2018 г. (кроме июня 2018). Для сбора использовали сеть ИКС-80, ячея 400 мкм, площадь входного отверстия 0,5 м². Вертикальные ловы выполнялись от дна до поверхности на мелководных станциях, и в верхнем 10-и метровом слое над глубиной свыше 20 м. Индексы разнообразия рассчитаны по [4]. Всего было проанализировано 75 ихтиопланктонных проб.

Характеристика района исследований. Севастопольская бухта расположена в юго-западной части Крымского полуострова и представляет собой частично замкнутую акваторию эстуарного типа. Протяженность основной бухты от входа до вершины составляет 7,5 км, максимальная ширина около 1 км. Глубина при входе составляет около 20 м и плавно уменьшается к вершине до 4-5 м. В естественном состоянии ширина бухты при входе составляла 940 м, но в 1976-77 гг. вход в бухту был огражден глухим защитным молом, в результате чего ширина входа сузилась до 550 м, что привело к нарушению водообмена. Акватория севастопольской бухты находится в сильной зависимости от суши, в том числе и от речного стока. Вершиной бухты является устье реки Черной, среднемноголетний расход воды которой составляет порядка 1,94 м³/с⁻¹, а площадь водосбора превышает 430 км². Кутовая часть бухты отличается высоким уровнем опреснения. Вместе со стоком речки Черной в акваторию бухты выносятся аллохтонные органические и минеральные вещества, в том числе и биогенные. Температура поверхностного слоя воды в устьевой части Севастопольской бухты колеблется в течение сезона с максимальным значением 27 °С в июле-августе и минимальным 6 °С – в феврале-марте. В связи с малыми глубинами сезонный термоклин слабо выражен, разность значений температур у дна и поверхности летом составляет 3-7 °С, а зимой – 1-1,5 °С. Соленость у дна колеблется от 17,5 до 18,5 ‰, с минимальными значениями в весенне-летний сезон. В поверхностном слое соленость меняется от 16,7 до 17,0 ‰ и зависит от активности водообмена и объема речного стока. В отдельные годы соленость воды в кутовой части бухты снижается до 12‰. По степени перемешивания бухта относится к объектам с непривливной циркуляцией, на которую влияют действие силы тяжести и вертикального перемешивания, касательного напряжения ветра, подтока придонной соленой морской воды через устьевую часть бухты и поверхностного речного стока реки Черной, впадающей в вершинную часть

бухты. Севастопольская бухта открыта только для западных ветров, которые могут создавать сильные нагонные течения. Таким образом, степень водообмена бухты определяется речным стоком, особенно в зимний и весенний паводковые периоды, а также сгонно-нагонными явлениями [1].

Высокий уровень загрязненности Севастопольской бухты определяется как широким спектром веществ-загрязнителей, так и значительными их концентрациями, поступающими с промышленными, коммунальными и ливневыми стоками, загрязненными дренажными водами, льяльными и хозяйственно-бытовыми водами с кораблей. Особенно неблагоприятные условия для эмбрионального и постэмбрионального развития ихтиопланктона отмечались в девяностые годы XX века, когда к негативным абиотическим факторам среды прибавились биотические: вселение и массовое развитие хищника и конкурента в питании личинок рыб гребневика мнемнопсиса, когда икра и личинки рыб встречались только единичными экземплярами [1, 3, 5].

Результаты и обсуждение. В прибрежной акватории Севастополя с февраля по декабрь 2018 года были идентифицированы 23 вида рыб из 18 семейств. За весь исследованный период в 2018 г. в пробах преобладала икра *Engraulis encrasicolus* (18%), *Diplodus annularis* (28%), *Trachurus mediterraneus* (20%), и *Mullus barbatus barbatus* (14,3%). (рис.1) Среди личинок доминировали виды рыб с демерсальной икрой, составляя 60%. Доля личинок из семейства Gobiidae достигала 53% от общей численности личинок. Наибольшую часть личинок из пелагической икры составляли *Engraulis encrasicolus* (15%). Отношение численности икринок хамсы к численности икринок составляло 12%, что сопоставимо с данными Дехник в летний период 1959-1962 годов [2].

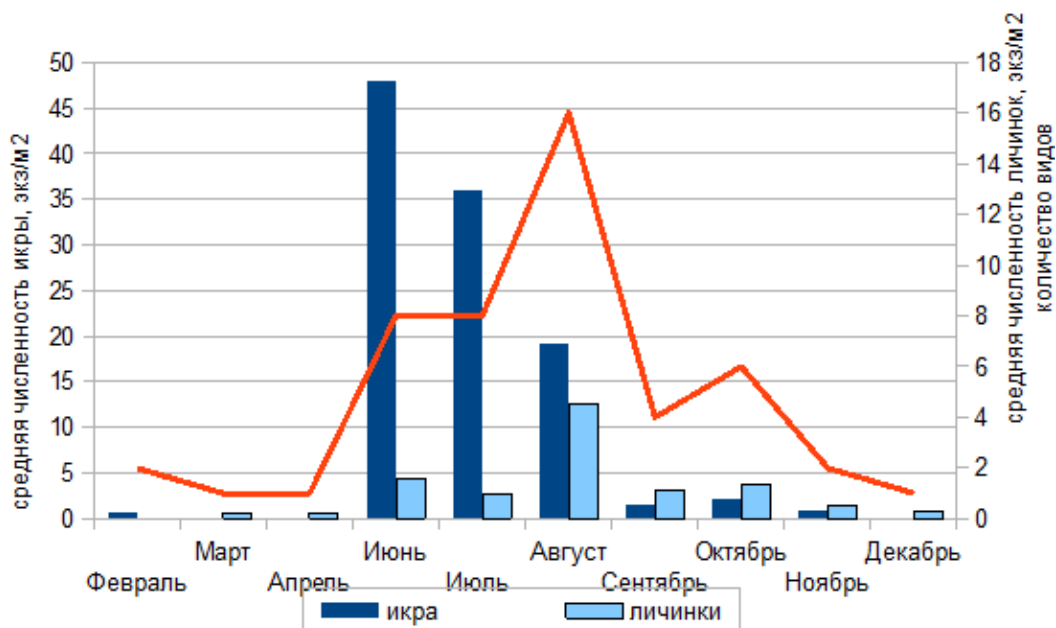


Рис. 1. Количество видов ихтиопланктона и средняя численность икры и личинок (в экз/м²) пойманных в районе Севастопольской бухты в 2018 г.

Видовой состав черноморского ихтиопланктона, облавливаемого в тот или иной период, в основном зависит от сезона исследований. Весенний период обычно характеризуется затуханием нереста зимненерестующих видов рыб и началом нереста летненерестующих рыб. В Черном море только камбала калкан *Psetta taeotica* относится непосредственно весенненерестующим видам рыб, ее нерест происходит в открытых водах с марта до середины июня в диапазоне температур от 7 до 20°C. В прибрежной акватории Севастополя в период наших исследований с

февраля по май 2018 были отмечены икра и личинки *Sprattus sprattus*, *Gaidropsarus mediterraneus*, а также в апреле личинки теплолюбивого *Pomatoschistus marmoratus*.

Ихтиопланктон в летний нерестовый период 2018 г. в Севастопольской бухте был представлен икрой и личинками тепловодных видов рыб, которые нерестятся с мая по сентябрь, в диапазоне температур от +15 до + 27°C [2]. В пробах были отмечены 19 видов икры и личинок из 15 семейств. В икре преобладали *Diplodus annularis*, *Engraulis encrasicolus*, *Trachurus mediterraneus*, *Mullus barbatus barbatus* и (29%, 21%, 19% и 15% от общего числа икры соответственно). Среди личинок наибольший процент составляли *Engraulis encrasicolus* (19%) и представители семейства Gobiidae (49%). Средняя численность икры составляла 21 экз./м², личинок — 2,5 экз./м². Максимальное количество икринок в пробе составляло 110 экз./м² в устьевой части бухты в районе Константиновского равелина.

С октября, когда среднемесячная температура поверхностной воды понижается до 17 – 18°C. происходит постепенное затухание нереста летненерестующих видов рыб и начинается нерест зимненерестующих видов. В октябре в нашем районе исследований в ихтиопланктоне еще встречались личинки теплолюбивых видов рыб: четыре вида из семейства Gobiidae и *Callionymus* sp. Икра была представлена только умеренноводным *Gaidropsarus mediterraneus*. В ноябре в пробах были отмечены единичные личинки теплолюбивого бычка *Pomatoschistus marmoratus* и икра умеренноводного налима *Gaidropsarus mediterraneus*. В декабре теплолюбивые виды уже отсутствовали, а холодолюбивые были представлены только личинками песчанки, пойманной у мыса Толстый. Средняя численность икры за период с октября по декабрь 2018 составляла 1,3 экз./м², личинок – 0,8 экз./м². Средний процент мертвой икры в пробах не превышал 13%.

Поскольку видовой состав и численность ихтиопланктона существенно различаются в зависимости от гидрологических показателей среды, акваторию бухты мы условно разделили на три участка: 1. Устьевая часть (мыс Толстый, Константиновский равелин и Веха РБК). 2. Центральная часть бухты (станция Авлита); 3. Кутловая часть бухты (Сухарная бухта, Инкерман и ГРЭС).

Средняя численность и индексы разнообразия [4] ихтиопланктона в различных участках исследований представлены в таблице 1. Показатели биоразнообразия широко применяются для оценки сложности и стабильности изучаемой экосистемы [4,6]. Из трех выделенных нами участков исследований, наиболее благоприятные условия для эмбрионального и постэмбрионального развития природных популяций рыб в 2018 г. наблюдалась в устьевой части Севастопольской бухты.

Таблица 1

Видовой состав и средняя численность икры/личинок, пойманных в различных районах Севастопольской бухты в 2018 г.

Показатели	Устьевая часть	Центральная часть	Кутловая часть
Средняя численность, экз./м ²	12,54/1,27	7,51/1,65	2,7/0,8
Количество видов (икра/ личинки)	22 (12/15)	9 (5/7)	9 (5/4)
Индекс видового разнообразия (Shannon, 1949)	3,1	2,39	2,55
Индекс видового богатства (Simpson, 1949)	18,4	8,32	14,7
Индекс доминирования (Margalef, 1958)	0,16	0,24	0,22
Индекс выровненности (Pielou, 1966)	0,7	0,75	0,8

Для оценки состояния ихтиопланктона в различных районах исследований мы рассчитали индексы разнообразия в устьевой и кутловой частях бухты в различные годы исследований (рис. 2).

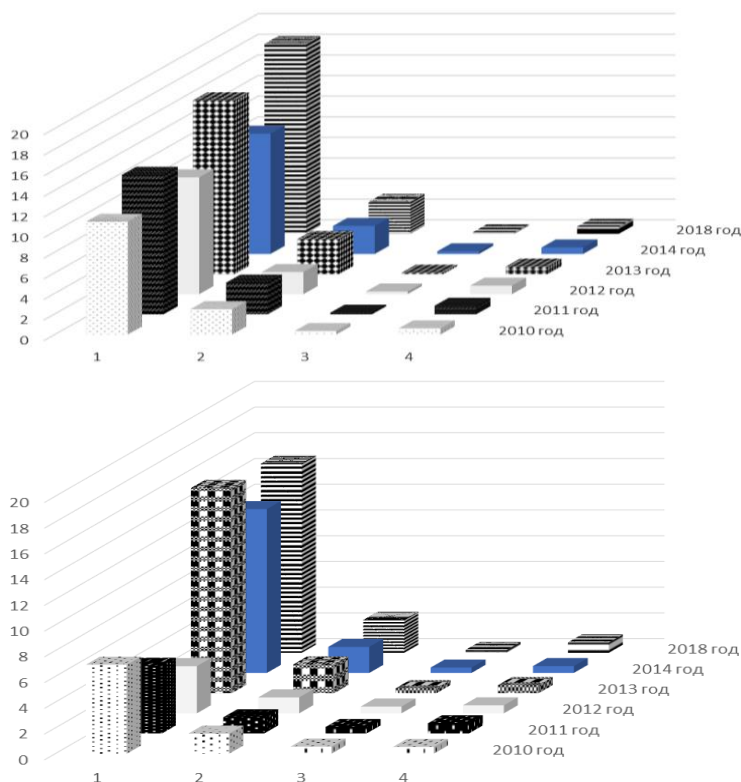


Рис. 2. Индексы видового разнообразия в устьевой (вверху) и кутовой (внизу) частях Севастопольской бухты в 2010-2014 и 2018 годах. (1- индекс видового богатства, 2- индекс видового разнообразия, 3- индекс доминирования, 4 — индекс выровненности)

Можно отметить, что в устьевой части Севастопольской бухты, в последние 10 лет отмечается тенденция к улучшению состояния ихтиопланктонного комплекса. Сравнительный анализ данных летнего нерестового сезона 1998 и 2018 гг. по видовому разнообразию и численности ихтиопланктона в районе Константиновского равелина у выхода их Севастопольской бухты показал, что при примерно равном количестве видов икры и личинок, их численность в этом районе исследований возросла в среднем на порядок (с 4,2 экз/м² икринок и 0,4 экз/м² личинок в 1998 г. до 46,8 экз/м² икринок и 2,0 экз/м² личинок - в 2018 г.). При сравнении индексов видового разнообразия в последние три года отмечается сравнительная стабильность, как в кутовой, так и устьевой частях бухты, так данные по видовому разнообразию полученные нами в 2018 г. были вполне сопоставимы с таковыми 2013 г., когда индекс видового разнообразия составлял 3,39 в устьевой и 2,23 - в кутовой части бухты [7].

Заключение. В 2018 г. ихтиопланктон района Севастопольской бухты был представлен 23 видами рыб из 18 семейств (12 видов икры и 19 видов личинок). Средняя численность икры составляла 8,69, личинок 1,25 экз./м². Доля мертвой икры в пробах не превышала 35,5%. Икра была представлена 12 видами рыб, преобладали *Engraulis encrasicolus* (18%), *Diplodus annularis* (28%), *Trachurus mediterraneus* (20%), и *Mullus barbatus barbatus* (14,3%). Личинки были представлены 19 видами, доминировали представители семейства Gobiidae, составляя 53%. На втором месте по численности были личинки *Engraulis encrasicolus*, составляя 15% от общей численности всех встреченных видов. В 2018 году наиболее благоприятные условия для выживания ихтиопланктона наблюдались в устьевой части Севастопольской бухты, где были отмечены максимальная численность и видовое разнообразие икры и личинок рыб.

Эта работа была выполнена в рамках госзадания ФГБУН ИМБИ по теме «Функциональные, метаболические и токсикологические аспекты существования гидробионтов и их популяций в биотопах с различным физико-химическим

режимом» гос.рег. № АААА-А18-118021490093-4 и теме «Закономерности формирования и антропогенная трансформация биоразнообразия и биоресурсов Азово-Черноморского бассейна и других районов Мирового океана» гос. рег. No АААА-А18-118020890074-2, а также при поддержке гранта РФФИ "Роль глобальных и локальных факторов в формировании ихтиопланктонных сообществ Черного моря" No 18-44-920007

Список литературы:

1. Ихтиофауна черноморских бухт в условиях антропогенного воздействия. (Под ред. Овен Л.С.) Киев: Наукова думка. - 1993. - 143 с.
2. Дехник Т. В. Ихтиопланктон Черного моря. Киев: Наукова думка. 1973, 234 с.
3. Климова Т.Н. Ихтиопланктон Черного моря как индикатор экологического состояния шельфовых вод Украины: Автореф. дис. канд. биол. наук: 03.00.10. Москва. - 2005.- 25 с.
4. Одум Ю. Экология. Т. 2. М.: Мир. -1986. - 373 р.
5. Акватория и берега Севастополя: экосистемные процессы и услуги обществу. (Под ред.: Павлова Е.В., Шадрин Н.В.) Севастополь: Аквавита. - 1999. - 289 с.
6. Marshall K.N., Duffy-Anderson J.T., Ward E.J., Anderson S.C., Hunsicker M.E., Williams B.C. Long-term trends in ichthyoplankton assemblage structure, biodiversity, and synchrony in the Gulf of Alaska and their relationships to climate. *Progress in Oceanography*, 170 (2019) - pp. 134-145
7. Климова Т.Н., Подрезова П.С. Видовое разнообразие ихтиопланктона в различных по степени антропогенной нагрузки районах прибрежной акватории Севастополя // V Балтийский морской форум. Всероссийская научная конференция «Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов», Труды Калининград, ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет». - 2017 г. - С.183-187.

SEASONAL DISTRIBUTION OF ICHTHYOPLANKTON IN SEVASTOPOL BAY

P.S. Podrezova; V.V. Gubanov

*Kovalevsky Institute of Marine Biological Research RAS,
Sevastopol, 299011, Russian Federation, e-mail: polyklim@imbr-ras.ru*

Abstract

On the basis of the year round ichthyoplanktonic surveys in 2018 and literary data we present the seasonal distribution of ichthyoplankton in different parts of water area of the Sevastopol Bay with various hydrological parameters. The most favorable environment for ichthyoplankton and its survival occurred in the mouth of Sevastopol Bay, where the maximum number and species diversity of fish eggs and larvae were indicated.

СПУТНИКОВЫЙ МОНИТОРИНГ ПОЖАРОВ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОСЛЕПОЖАРНЫХ ЭФФЕКТОВ В БОРЕАЛЬНЫХ ЛЕСАХ СИБИРИ

Е.И. Пономарев^{1,2,3}, Т.В. Пономарева^{1,2}, О.В. Масыгина¹, Е.Г. Швецов^{1,2}

¹Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН,

Красноярск, 660036, Россия, e-mail: evg@ksc.krasn.ru

²Сибирский федеральный университет, Красноярск, 660041, Россия

³ФИЦ КНЦ СО РАН, лаб. космических систем и технологий,
Красноярск, 660036, Россия

Стабильность и устойчивое функционирование бореальных экосистем во многом зависят от воздействия природных пожаров, как одного из наиболее значимых факторов, определяемого условиями современного и прогнозируемого климата. На границе XX–XXI вв. в бореальных лесах Сибири констатируется положительный тренд числа и площадей природных пожаров [1–3], в том числе в наиболее уязвимых лесах криолитозоны. Послепожарные территории характеризуются долговременными аномалиями теплового баланса, что вызвано снижением показателей альбедо. Такие аномалии могут быть критичными как для техногенных и социальных объектов в условиях криолитозоны, так и для экосистем в целом.

Мониторинг с привлечением спутниковых средств контроля позволяет детально оценить масштабы пожарных процессов на всей территории Сибири [2, 3]. Одной из прикладных задач, решаемой в системе спутникового мониторинга пожаров, является моделирование и прогноз динамики тепловых процессов в верхних горизонтах почвы и сезонно-талом слое мерзлоты [4, 5]. Этот вопрос имеет большую актуальность при изучении стабильности лесных экосистем бореальной зоны Сибири [6–8].

Влияние пожаров и послепожарных изменений на протаивание активного почвенного слоя в бореальных лесах описано в ряде публикаций [7–10]. Согласно некоторым моделям, температура почвы существенно варьирует вследствие термоизолирующих свойств подстилки и напочвенного покрова [11]. При этом избыточный прогрев в условиях нарушений изолирующего слоя может приводить к протаиванию активного слоя почвы на 10–30% дополнительно к статистической норме [5, 11, 12].

Основная цель работы – количественный анализ тепловых аномалий на постпирогенных участках мерзлотной зоны Сибири на различных стадиях послепожарной сукцессии, а также численное моделирование глубины сезонно-талого слоя в условиях избыточного теплового потока на поверхности.

Использованы материалы спутниковой съемки Terra/MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) с пространственным разрешением 250 и 1000 м. Были использованы продукты MODIS L2G и L3 (https://lpdaac.usgs.gov/dataset_discovery/modis). Калиброванные данные об альбедо поверхности в диапазонах $\lambda_1 = 0.620\text{--}0.670$ мкм и $\lambda_2 = 0.841\text{--}0.876$ мкм рассчитывались по материалам стандартного продукта MOD09GQ (https://lpdaac.usgs.gov/dataset_discovery/modis/modis_products_table/mod09gq_v006). Попиксельные данные о температуре поверхности в диапазоне $\lambda_3 = 10.780\text{--}11.280$ мкм вычислялись из продукта MOD11A1. Анализ динамики постпирогенных участков различного срока давности проводили по материалам серии изображений Terra/MODIS за вегетационные периоды 2016–2018 гг. На исходных изображениях экспертно были отобраны 50 участков, находящихся на стадии первого, пятого и десятого года послепожарной сукцессии. Для восстановления хронологий пожаров использован банк пожаров, зафиксированных спутниковыми средствами. Исходные

материалы были получены за более чем 20-летний период [13].

Для усреднения альbedo и температуры на нарушенных и фоновых участках рассматривали выборку пикселей, расположенных внутри пожарных полигонов (не менее 10 пикселей) и в непосредственной близости от постпирогенных участков (не менее 10 пикселей). Временное усреднение выполняли для следующих декад месяцев: 1 декада июня, 3 декада июня, 1 декада июля, 2 декада июля, 1 декада августа, 1 декада сентября. Сложность получения более полной серии подекадных усреднений состояла в отсутствии информативных серий съемки на пропущенные в данном ряду декады. По этой же причине анализ характеристик для других сроков постпирогенного восстановления был возможен лишь для единичных случаев пожаров. Объем обработанной выборки составлял более 3500 значений.

Отобранные участки находилась на территории Среднесибирского плоскогорно-таежного лесного района (50–70°с.ш., 60–150° в.д.), в древостоях которого доминируют (более 75% лесов) лиственничники (*Larix sibirica*, *Larix gmelinii*). Генетическую специфику почв определяют резко континентальный климат и многолетняя мерзлота. Почвы характеризуются малой мощностью от 20 до 100 см и слабой дифференциацией почвенного профиля. Многолетняя мерзлота распространена на выровненных элементах рельефа и в меньшей степени выражена на дренированных участках склонов и долин. Уровень залегания мерзлоты (от 5 до 150 см) сильно отличается в зависимости от рельефа [4].

Количественные характеристики состояния послепожарных участков восстанавливали на основе значений вегетационного индекса NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) по данным в диапазонах длин волн λ_1 , λ_2 . Наряду с изменениями спектров растительности после пожарного воздействия, присутствует также характерный «фон» [5, 14] нарушенных участков криолитозоны и в тепловом диапазоне (λ_3). Послепожарные аномалии NDVI и температуры ($T_{\text{тест}}$, $\text{NDVI}_{\text{тест}}$) рассматривали в отношении к усредненным значениям для фоновых ненарушенных полигонов ($T_{\text{фон}}$, $\text{NDVI}_{\text{фон}}$). При численном моделировании использовали абсолютные значения аномалии температуры поверхности. Влияние различий древостоев и напочвенного покрова на формирование спектральных характеристик, обобщенных в рассмотренных рядах данных было незначительно.

Оценку относительного изменения глубины (Z) протаивания мерзлотного слоя в зависимости от избыточного теплового потока на поверхности выполняли с использованием решение Стефана для уравнения теплопроводности в частных производных [15, 16]:

$$Z = \sqrt{\frac{2\lambda_f (T_s - T_f) \tau}{l \cdot u \cdot \rho}}, \quad (1)$$

где ρ – плотность породы (кг/м³),

T_s – температура поверхности,

T_f – начальная температура в точке промерзания,

λ_f – коэффициент теплопроводности мерзлой почвы (Вт/(м·°C)),

τ – продолжительность периода прогрева,

l – удельная теплота плавления (Дж/кг),

u – объемная влажность почвы (%).

Получены следующие основные результаты.

За 22 года доступных инструментальных наблюдений на исследуемой территории были зафиксированы пожары на общей площади более 12.743 млн га. Это составляет $\gamma > 12.0\%$ всей территории, средняя горимость в год $\langle \gamma \rangle = 0.51 \pm 0.18\%$. Количественные показатели горимости и числа пожаров варьируют в широких пределах, стандартное отклонение по всем характеристикам составляло 80–90% от среднего. Вследствие уменьшения показателей альbedo на нарушенных участках наблю-

дается повышенный уровень инсоляции и соответственно избыточный прогрев подстилающей поверхности (напочвенного покрова и верхних горизонтов почв). В результате этого в течение вегетационного периода фиксировалось повышение температуры над фоновыми значениями до 7.1 ± 1.3 °C (Табл. 1). Значительный «накопительный» эффект от пожаров позволяет говорить о масштабном нарушении теплового баланса на данной территории.

Таблица 1

Усредненные характеристики постпирогенных участков в период максимума тепловой аномалии

Послепожарная сукцессия, годы	Аномалия NDVI, %	Диапазон максимумов температуры, °C	Аномалия теплового фона, % (min–max)
1	53.5 ± 10.7	6.5–7.2	40–50
5	21.0 ± 7.8	3.8–4.9	27–32
10	9.0 ± 5.0	3.4–4.6	15–20

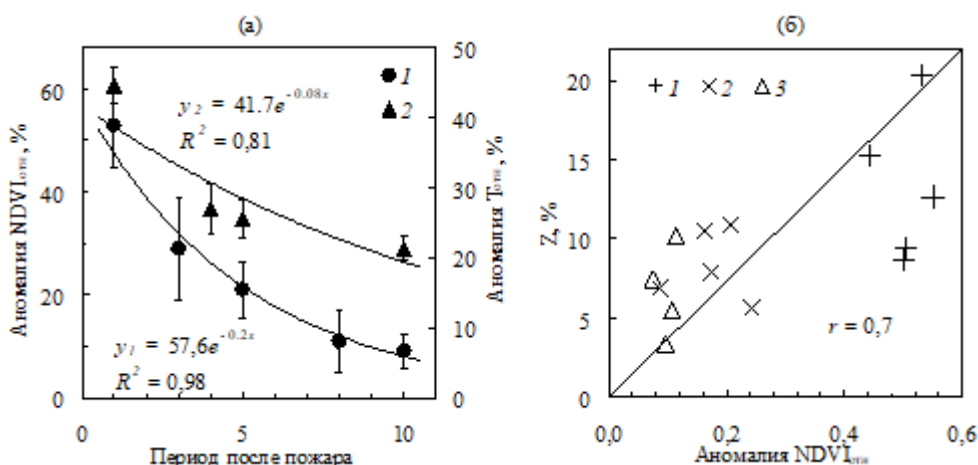


Рис. 1. (а) Динамика относительной аномалии индекса NDVI (1) и температуры (2) в течение 10 лет послепожарного восстановления растительного покрова. (б) Оценки приращения относительной глубины протаивания (Z) после пожара: через один год (1), через 5 лет (2), через 10 лет (3).

Для постпирогенных участков получены количественные оценки пределов вариации аномалий вегетационного индекса NDVI (после пожара – снижение на 61%) и температуры поверхности (после пожара – повышение на 47%) в сравнении с фоновыми значениями. В течение 10-летнего срока после пирогенной нарушенности данные аномалии снижались экспоненциально (рис. 1, а). Через десять лет послепожарные участки фактически не отличаются от фоновых по индексу NDVI, что определяется динамикой восстановления растительного покрова. Зафиксированное отклонение от фоновых значений в среднем не превышало 9% при существенной дисперсии $\sigma = 5\%$. При этом аномалии теплового фона оставались значимыми и после 10 лет восстановительных сукцессий – превышение относительно фоновых значений зафиксировано на уровне ~20%. Таким образом, скорость выравнивания тепловых аномалий в 2.5 раза ниже, чем скорость восстановления характеристик альбедо (рис. 1, а).

Расчеты и натурные измерения [4, 6, 17] фиксируют среднестатистическую норму сезонного протаивания мерзлотных почв в условиях схожих с районом исследований на уровне 0,6–2,0 м. Как показывают результаты численного моделирования, избыточный тепловой поток на поверхности является причиной увеличения глубины протаивания (Z) в среднем на 10–20% (рис. 1, б) относительно среднестатистической нормы.

Результаты спутникового мониторинга [5] и ряд наземных экспериментов [4] позволяют констатировать долговременные (15–25 лет) последствия тепловых аномалий на послепожарных участках криолитозоны. Даже в условиях успешного восстановления растительности, когда признаки нарушенности растительности, определяемые аномалиями индекса NDVI, исчезают полностью (5–7 лет после пожара), тепловые аномалии остаются статистически значимыми. На фоне прогнозируемых изменений климата, ужесточения пожарных режимов и повышения горимости лесов криолитозоны интегральный эффект постпирогенных тепловых аномалий будет увеличиваться и, вероятно, приобретать все большие масштабы. С учетом уровня пирогенного воздействия в современных условиях это может определять долговременную динамику сезонно-талого слоя всей криолитозоны Сибири, что требует дальнейшего изучения. Тепловые поля, восстанавливаемые средствами дистанционного мониторинга, могут быть основой контроля за состоянием сезонно-талого слоя почв и грунтов в условиях криолитозоны Сибири.

Работа выполнена по теме базового проекта № 0356-2019-0009 и при частичной поддержке РФФИ, Правительства Красноярского края, Красноярского краевого фонда науки (№ 17-04-00589, № 18-41-242003).

Список литературы:

1. Швиденко А.З. Климатические изменения и лесные пожары в России / А.З. Швиденко, Д. Г. Щепашенко // Лесоведение. – 2013. – № 5. – С. 50–61.
2. Харук В.И. Пространственно-временная горимость лиственничников Центральной Сибири / В.И. Харук, Е.И. Пономарев // Экология. – 2017. – № 6. – С. 413–419. DOI: 10.7868/S0367059717060026.
3. Барталев С.А. Спутниковая оценка гибели лесов России от пожаров / С.А. Барталев, Ф.В. Стыщенко, В.А. Егоров, Е.А. Лупян // Лесоведение. – 2015. – № 2. – С. 83–94.
4. Безкоровайная И. Н. Влияние пирогенного фактора на биологическую активность почв в условиях многолетней мерзлоты (Центральная Эвенкия) / И.Н. Безкоровайная, И.В. Борисова, А.В. Климченко, О.М. Шабалина, Л.П. Захарченко, А.А. Ильин, А.К. Бескровный // Вестник КрасГАУ. – 2017. – № 9. – С. 181–189.
5. Пономарев Е.И. Влияние послепожарных температурных аномалий на сезонное протаивание почв мерзлотной зоны Средней Сибири по дистанционным данным / Е.И. Пономарев, Т.В. Пономарева // Сибирский экологический журнал. – 2018. – № 4. – С. 477–486. doi:10.15372/SEJ20180408.
6. Knorre A.A. Tree ring-based reconstruction of the long-term influence of wildfires on permafrost active layer dynamics in Central Siberia / A.A. Knorre, A.V. Kirdeyanov, A.S. Prokushkin, P.J. Krusic, U. Buntgen // Science of the Total Env. – 2019. – Vol. 652. – P. 314–319. doi:https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.124.
7. Abaimov A.P. The main trends of post-fire succession in near-tundra forests of central Siberia / A.P. Abaimov, M.A. Sofronov – In: Goldammer J.G., Furyaev V.V. (eds) Fire in ecosystems of boreal Eurasia. – Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1996. – P. 372–386.
8. Gorbachev V.N. Fires and soil formation / V.N. Gorbachev, E.P. Popova – In: Goldammer JG, Furyaev VV (eds) Fire in ecosystems of boreal Eurasia. – Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1996. – P. 331–336.
9. Sofronov M.A. Zonal peculiarities of forest vegetation controlled by fires in northern Siberia / M.A. Sofronov, A.V. Volokitina, T. Kajimoto, Y. Matsuura, S. Uemura // Eurasian J For Res. – 2000. – Vol. 1. – P. 51–59.
10. Харук В.И. Пространственно-временная динамика пожаров в лиственничных лесах северной тайги Средней Сибири / В.И. Харук, М.Л. Двинская, К.Д. Рэнсон // Экология. – 2005. – № 5. – С. 1–10.

11. Анисимов О.А. Моделирование воздействия антропогенного потепления на вечную мерзлоту: учет влияния растительности / О.А. Анисимов, М.А. Белолуцкая // Метеорология и гидрология. – 2004. – № 11. – С. 73–82.
12. Николаев А.Н. Влияние гидротермического режима почв на радиальный прирост лиственницы и сосны в Центральной Якутии / А.Н. Николаев, П.П. Федоров, А.Р. Десяткин // Сибирский экологический журнал. – 2011. – Т. 17(2). – С. 189–201.
13. Пономарев Е.И. Спутниковое детектирование лесных пожаров и геоинформационные методы калибровки результатов / Е.И. Пономарев, Е. Г. Швецов // Исслед. Земли из космоса. – 2015. – № 1. – С. 84–91. doi:10.7868/S0205961415010054.
14. Gabysheva L.P. Forest fires' impact on microclimatic and soil conditions in the forests of cryolithic zone (Yakutia, North-Eastern Russia) / L.P. Gabysheva, A.P. Isaev // Сибирский лесной журнал. – 2015. – № 6. – С. 96–111. doi:10.15372/SJFS20150609.
15. Аржанов М.М. Моделирование изменений температурного и гидрологического режимов приповерхностной мерзлоты с использованием климатических данных (реанализа) / М.М. Аржанов, А.В. Елисеев, П.Ф. Демченко, И.И.Мохов // Криосфера Земли. – 2007. – Т. XI. – № 4. – С. 65–69.
16. Виноградов Ю.Б. Гидрологическое моделирование: методы расчета динамики тепловой энергии в почвенном профиле / Ю.Б. Виноградов, О.М. Семенова, Т.А. Виноградова // Криосфера Земли. – 2015. – Т. XIX. – № 1. – С. 11–21.
17. Десяткин Р.В. Температурный режим мерзлотно-таежных почв Центральной Якутии / Р.В. Десяткин, А.Р. Десяткин, П.П. Федоров // Криосфера Земли. – 2012. – Т. XVI. – № 2. – С. 70–78.

**SATELLITE MONITORING WILDFIRES AND MODELING
OF POST-FIRE EFFECTS IN BOREAL FORESTS OF SIBERIA**

E. I. Ponomarev^{1,2,3*}, T.V. Ponomareva^{1,2}, O.V. Masyagina¹, E. G. Shvetsov^{1,2}

¹*V.N. Sukachev Institute of Forest SB RAS,*

Krasnoyarsk, 660036, Russia, e-mail: evg@ksc.krasn.ru

²*Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russia*

³*Federal Research Center "KSC SB RAS", Krasnoyarsk, 660036, Russia*

Abstract

Current research analysed the reflectance and thermal anomalies of the post-pyrogenic sites under the conditions of permafrost of Siberia. Studies are based on long-term Terra, Aqua/MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) survey for 2006–2018. We used IR thermal range data of 10.780–11.280 microns (MOD11A1 product) and we evaluated NDVI from MOD09GQ product as well. The averaged temperature and NDVI dynamics were investigated in total for 50 post-fire plots under different stages of succession (1, 2, 5 and 10 years after burning) in comparison with non-disturbed vegetation cover sites under the same conditions. We recorded higher temperatures (20–47% higher than average background value) and lower NDVI values (9–63% lower than non-disturbed vegetation cover) persisting for the first 10 years after the fire. Under conditions of natural restoration background temperature anomalies of the ground cover remained significant for more than 15 years, which was reflected on long-term satellite data and confirmed by ground-based measurements. To estimate impact of thermal anomalies on soil profile temperature and thawed layer depth we used the Stefan's solution for the thermal conductivity equation. According to results of numerical simulation, depth of the seasonal thawed layer could increase more than 20% in comparison with the average statistical norm under the conditions of excessive heating of the underlying layers. This is a significant factor in the stability of Siberian permafrost ecosystems requiring long-term monitoring.

СТРУКТУРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ПОЧВ

Т.В. Пономарева^{1,2}, Е.И. Пономарев^{1,2}

¹*Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск, 660036, Россия,
e-mail: ponomareva.tv@ksc.krasn.ru, evg@ksc.krasn.ru*

²*Сибирский федеральный университет, Красноярск, 660036, Россия*

Структурная организация почв и их функционирование в современных условиях в значительной мере зависит от воздействия антропогенных и техногенных факторов, в результате формируются уникальные техногенные и антропогенно-преобразованные типы почв. Известны классификации таких почв [1, 2, 3], использующие различные подходы для систематики. Актуальность изучения нарушенных, преобразованных, а также искусственно созданных почв растет с каждым годом, т.к. их доля в почвенном покрове увеличивается. Наиболее распространенным способом определения структурной организации почв является морфологическое описание почвенного профиля, которое является основным методологическим приёмом исследования почв. Недостатком существующего метода является то, что определяемые характеристики являются оценками качественного характера и основаны на экспертном субъективном подходе.

Использование способа выделения горизонтов в почвенном профиле на основе радиометрической съемки обеспечивает по сравнению с существующими способами морфологического описания некоторые преимущества: высокую оперативность получения данных, возможность получения инструментальных замеров мощности горизонтов, позволяет выделять горизонты, которые сложно определяются визуально, а также дает возможность осуществлять программное построение изображения почвенного профиля [4, 5, 6].

Метод радиометрической съемки был применен для исследования техногенных почв индустриальной зоны г. Красноярска и отвалов вскрышных пород Бородинского бурогоугольного разреза. Выделение функциональных горизонтов почв проведено по результатам классификации тепловых снимков.

Эксплуатация угольных месторождений способствует образованию техногенных ландшафтов в результате разработки карьеров и формирования отвалов, занимающих большие площади. При реализации рекультивационных работ необходимо учитывать специфику почвообразовательных процессов на отвальных породах для ускорения образования почвенного покрова. В связи с этим, исследование закономерностей формирования и функционирования почв в условиях техногенных ландшафтов приобретает большую значимость и актуальность.

Исследование почв на отвалах проводится на экспериментальном полигоне Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, заложенном на территории Бородинского бурогоугольного разреза в Красноярском крае. Это один из крупнейших угольных разрезов в восточной части Канско-Ачинского угольного бассейна. Более 80% площади породных отвалов угольного разреза рекультивирована, из них 45 % приходится на отвалы, восстановленные с нанесением плодородного слоя почвы (ПСП) и оставленные под самозарастание. Примерно 37 % составляют спланированные отвалы без нанесения ПСП, большая часть которых покрыта лесными насаждениями естественного или искусственного происхождения.

Различия технологии отсыпки отвалов и дальнейшей их рекультивации обуславливают особенности формирования и функционирования почв. Одной из важных характеристик современного функционирования почв и энергетики почвообразовательных процессов является температурный режим почвы. Величиной, которая ха-

рактирует изменение температуры с глубиной, является вертикальный температурный градиент, показывающий изменение температуры почвы на единицу глубины.

В результате проведенных исследований определены градиенты температур и выявлены особенности температурного режима почв на четырех пробных площадях (ПП 1-4), характеризующих варианты отвалов разного возраста и с разным типом рекультивации (с нанесением ПСП и без нанесения). На каждой пробной площади закладывалось по три почвенных разреза с описанием морфологических свойств, проводилась радиометрическая съемка в тепловом диапазоне вертикальной стенки почвенного профиля по авторской методике [4]. Отбор образцов почв для камеральной обработки осуществлялся для вариантов отвалов с ПСП в верхнем 0-5 см слое и в слое 30-40 см, лежащем ниже границы ПСП; для вариантов отвалов без ПСП соответственно в слое 0-5 см и в слое 20-30 см. На основе анализа морфологии почвенного профиля и физико-химических свойств определялась классификационная принадлежность почв. Расчет температурных градиентов выполнен по результатам радиометрической съемки [5].

Техногенно-почвенные образования на ПП1 и ПП2 относятся к реплантоземам, на ПП3 и ПП4 к литостратам. В профиле реплантоземов хорошо различимы два слоя: вскрышные породы и нанесенный сверху ПСП, мощность которого на изучаемых участках значительно варьирует, в среднем составляя 30 см. На отвалах 30-летнего возраста ПП2 на поверхности образовался фрагментарный органогенный слой, а также в верхней части ПСП в результате деятельности корней травянистых растений сформировался дерновый горизонт (5-10 см), характеризующийся меньшей плотностью сложения. Морфология литостратов зависит от биологического возраста отвала, состава слагающих пород и уклона поверхности. На начальной стадии формирования профиль литостратов не дифференцирован на горизонты. На современном этапе развития фитоценоза и накопления органического вещества на поверхности ТПО на ПП4 сформировался маломощный (2-3 см) органогенный горизонт и гумусовый горизонт мощностью до 12 см.

На отвалах без ПСП в профиле литостратов на формирование теплового поля оказывает влияние крупнообломочный материал, входящий в состав вскрышных пород. При условии равенства влажности, плотности и других характеристик почв повышенное содержание грубых частиц (песчаных, щебнистых) приводит к более высокой теплопроводности [7]. Конфигурации изотермических полей в профилях с высоким содержанием крупнозёма сложные. Температурные градиенты на молодых отвалах слабо изменяются с глубиной, отличие значений этого показателя в верхних 5 см почвы не более чем в 2 раза превышает значения в ниже лежащих слоях (0,5 – 0,7 °C/см). Наблюдаются значительные различия тепловых свойств профилей молодых и старых отвалов. Температурные градиенты в верхнем 5 см слое на старом отвале в 3-5 раз выше (составляют 1,5 – 2 °C/см), чем на молодом. В средней и нижней части профиля на старом отвале на ПП4 сохраняются те же значения градиентов, что и на молодом отвале, а в верхнем 3-5 см слое почв отмечается рост этого показателя в 15 раз, что обусловлено изменением плотности в результате деятельности корней древесных растений. В трещинах, в том числе образующихся вокруг корней, увеличивается роль термодиффузного переноса, образуются области повышенной температуры. Кроме того, аккумуляция органического вещества на поверхности литостратов приводит к увеличению влажности и, как следствие, к увеличению объемной теплоемкости почв, которая пропорциональна температурному градиенту.

На отвалах с ПСП разного возраста температурные градиенты отличаются меньше. Значительных изменений в тепловых свойствах реплантоземов не происходит в силу ряда причин. Исходный ПСП характеризуется высоким содержанием гумуса, достаточно однородным гранулометрическим составом, высокой плотностью,

и в процессе почвообразования эти показатели слабо изменяются. В слое 0-5 см наблюдается увеличение градиента на старых отвалах относительно молодых не более чем в 2-3 раза. В средней и нижней части профиля градиенты остаются на уровне молодых отвалов, кроме того, в минеральных горизонтах отмечается низкая вариабельность температур.

Таким образом, выявлено, что тепловые свойства техногенных почв на отвалах вскрышных пород Бородинского бурогоугольного разреза, в частности температурные градиенты, в ходе развития фитоценоза в большей степени изменяются на отвалах без ПСП. Увеличение температурных градиентов приводит к увеличению влаго- и массопереноса [7], т.е. к интенсификации процесса почвообразования на границе органогенного и минерального горизонтов. Влага и растворенные в ней органические вещества перемещаются по направлению к более холодным областям, таким образом увеличивая мощность гумусового горизонта. В минеральной части профиля температурное поле более стабильно.

В индустриальной зоне г. Красноярска были исследованы почвы на прилегающей к Красноярскому алюминиевому заводу (КрАЗ) территории (300 м от источника техногенных эмиссий). В качестве объектов исследований выбраны наиболее представленные на исследуемой территории антропогенно-преобразованные почвы – абраземы (по WRB *Technosols*). Абраземы формируются на легкоглинистом субстрате подпочвенных горизонтов серых почв. За 50-летний период формирования данной экосистемы на нарушенной поверхности образовался дерновый горизонт и почвы перешли в подтип реградированных абраземов. В верхней части (3–4 см) дернового горизонта почва имеет светло-серую окраску из-за содержания мелких углей и золы. По содержанию ряда элементов данные почвы относятся к химически преобразованным (АУх(8 см)–ВІ–С). На тепловых снимках дерновый горизонт хорошо диагностируется, кроме того, температурные градиенты в дерновом горизонте в 2-5 раз выше, чем в минеральных и составляют 1 – 1,5 °С/см, в нижележащей минеральной толще значения градиентов от 0,1 до 0,6 °С/см.

Относительно температуры поверхности почвы (T_0) значения градиентов в органогенных и верхних органоминеральных горизонтах техногенных почв на отвалах вскрышных пород составляют 7 – 10%, в нижележащих минеральных горизонтах этот показатель снижается до 1- 2%. В абраземах на участке, прилегающем к КрАЗу, значения градиентов в верхней части профиля (0-5 см) составляют 8 – 11% от T_0 , ниже по профилю снижаются в среднем до 5 – 7%, при этом вариабельность этого показателя сильно повышается, что объясняется сложностью структурной организации почв в исследуемой индустриальной зоне, которая является следствием механического воздействия при строительстве промышленного объекта.

Эта работа была выполнена при поддержке Российского Фонда Фундаментальных исследований, грант № 17-04-00589а «Радиометрический метод количественного анализа структурной организации почвы».

Список литературы:

1. Первушина В.М. К вопросу о создании единой классификации почв и других поверхностных непочвенных образований / Первушина В.М., Суханов А.П. // Тез. докл. II Съезда общ-ва почвоведов. СПб. – 1996. – Кн. 2. – С. 110 – 111.
2. Герасимова М.Н. Антропогенные почвы: Генезис, география, рекультивация / Герасимова М.Н. Строганова М.Н., Можарова Н.В. // под ред. Г.В. Добровольского. Смоленск: Ойкумена. – 2003. – 268 с.
3. Андроханов В.А., Куляпина Е.Д., Курачев В.М. Почвы техногенных ландшафтов: генезис и эволюция / Андроханов В.А., Куляпина Е.Д., Курачев В.М. // Новосибирск: Изд-во СО РАН. – 2004. – 151 с.

4. Патент №2660224. Пономарева Т.В., Пономарев Е.И. «Способ выявления и картирования структуры почвенного профиля методом съемки в инфракрасном диапазоне спектра».
5. Пономарева Т.В. Технология выделения горизонтов почвенного профиля по данным съемки в инфракрасном диапазоне /Пономарева Т.В., Пономарев Е.И. // Хвойные бореальной зоны. – 2013. – №5-6. – С. 29 – 35.
6. Пономарева Т.В. Радиометрическая съемка почвенного профиля в инфракрасном диапазоне /Пономарева Т.В., Пономарев Е.И. // Почвоведение. – 2016. – №2. – С. 219 – 226.
7. Макарычев С.В., Зайкова Н.И. Теплофизические свойства и режимы чернозема выщелоченного под столовой свеклой в орошаемых условиях // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – № 10 (120). – 2014. – С. 36 – 42.

TEMPERATURE GRADIENTS IN TECHNOGENIC SOILS AT OVERBURDEN DUMPS

T.V. Ponomareva^{1,2}, E.I. Ponomarev^{1,2}

¹*Institute of Forest V.N. Sukachev SB RAS, Krasnoyarsk, 660036, Russia,
e-mail: ponomareva.tv@ksc.krasn.ru, evg@ksc.krasn.ru.*

²*Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660036, Russia*

Abstract

As the title implies the article presents the results of studies of the structural organization of technogenic ecosystem soils of industrial zone of Krasnoyarsk and overburden dumps of the Borodino brown coal mine. Based on the results obtained during radiometric surveys in the thermal range, various functional horizons and vertical temperature gradients of technogenic soil: abrazems in the territory adjacent to the Krasnoyarsk Aluminum Plant, lithostrats and replantozems with different ages and with different types of culture were established. It is revealed that the thermal properties of technogenic soils on overburden dumps of the Borodino brown coal mine, in particular, temperature gradients, during the development of the phytocenosis, change to a greater degree on dumps without fertile soil layer. An increase in temperature gradients leads to an increase in moisture and mass transfer, i.e. to the intensification of the process of soil formation at the boundary of the organogenic and mineral horizons. Moisture and organic matter dissolved in it move towards colder areas, thus increasing the thickness of the humus horizon. In the mineral part of the profile, the temperature field is more stable. Regarding the temperature of the soil surface (T_0), the gradients in the organogenic and upper organic-mineral horizons of technogenic soils in the overburden dumps are 7–10%, in the underlying mineral horizons this figure drops to 1–2%. In abrazems in the area adjacent to Krasnoyarsk Aluminum Plant, the values of gradients in the upper part of the profile (0-5 cm) are 8–11% of T_0 , lower in profile down to an average of 5–7%. The variability of gradients rises greatly, which due to the complexity of the structural organization of soils in the industrial zone under study.

This research was funded by the Russian Foundation for Basic Research (RFBR) grant number 17-04-00589a “Radiometric method for quantitative analysis of soils structure organization”.

О СРЕДНЕЙ ПЛОТНОСТИ ПОТОКА КОСМИЧЕСКИХ НЕЙТРОНОВ ПО ЗЕМНОМУ ШАРУ

П.А. Пономаренко, М.А. Фролова

ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», Институт ядерной энергии и промышленности, г. Севастополь, РФ, e-mail: frolova-85@mail.ru

Статья посвящена оценке и анализу генерации нейтронов космического происхождения по земному шару и оценке создаваемой при этом мощности эквивалентной дозы.

Введение. Первичные космические лучи преобладают на высотах более 30 км. Плотность частиц космических лучей близка к плотности $\sim 4 \text{ част} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$. Энергия этих частиц очень велика и встречаются частицы с равной 10^{20} эВ. В атмосфере Земли каждая космическая частица с $E \geq 10^{14}$ эВ генерирует $\sim 10^9$ частиц и более вторичных космических лучей. Поток этих вторичных частиц называется широким атмосферным ливнем. Почти все частицы из этого ливня короткоживущие, то есть период полураспада их составляет $T_{0,5} = 10^{-19} \div 10^{-6}$ с. Сталкиваясь между собой и с ядрами элементов, составляющих атмосферы, они генерируют новые элементарные частицы: электроны, позитроны, протоны, нейтроны, γ -кванты, нейтрино и антинейтрино и др., которые являются космическими лучами.

Эти вторичные космические лучи делят на жёсткую и мягкую составляющие. К жёсткой составляющей относят μ -мезоны, которые проникают до глубины 1 км и более в атмосферу и океанскую воду. Мягкая (легкопоглощаемая) составляющая состоит из β^+ , β^- , ${}^1_1\text{p}$, ${}^1_0\text{n}$, γ . Особо активными в этой составляющей являются ${}^1_1\text{p}$ и ${}^1_0\text{n}$. Под их действием на ядра элементов, составляющих атмосферы, рождаются космогенные радионуклиды: ${}^3_1\text{H}$, ${}^7_4\text{Be}$, ${}^{10}_{10}\text{Be}$, ${}^{14}_6\text{C}$, ${}^{22}_{11}\text{Na}$, ${}^{24}_{11}\text{Na}$ и др [1].

По данным НКДАР на 1982 г. для средних широт над уровнем моря мощность поглощенной дозы космического излучения на открытой местности на мягкие ткани без учета нейтронной составляющей была равной $0,28 \text{ мГр} \cdot \text{год}^{-1}$. При коэффициенте качества нейтронной компоненты, равному шести, годовая эквивалентная доза на тот период от космического излучения составляла примерно $0,3 \text{ мЗв} \cdot \text{год}^{-1}$. Недавние рекомендации МКРЗ предлагают дозовую нейтронную компоненту по коэффициенту качества увеличить вдвое и принять равной $0,042 \text{ мЗв} \cdot \text{год}^{-1}$. Одновременно предполагается ионизационную компоненту космических лучей принять равной $0,24 \text{ мЗв} \cdot \text{год}^{-1}$. Нейтронная и протонная космическая составляющие оказывают основное влияние на качественный и количественный состав космогенных радионуклидов на Земле. Активность нейтронной составляющей зависит от энергии нейтронов.

Цель исследования – оценка средней по атмосфере Земли плотности потока космических нейтронов тепловой энергии и их биологической значимости.

Задачи исследования:

1. Оценить среднюю плотность потока космических нейтронов тепловых энергий в атмосфере;
2. Оценить годовую эффективную эквивалентную дозу космических нейтронов тепловых энергий ($0,005 \div 0,5$ эВ).
3. Оценить годовую эффективную эквивалентную дозу космических нейтронов надтепловых энергий.

Материалы и методы. Известно, что скорость образования космогенного радиоуглерода составляет 2,5 атома за с на 1 см^2 поверхности Земли [2].

Физические модели образования радиоуглерода представлены [3] и имеют вид: $^{13}_6\text{C}$ (Н, γ) $^{14}_6\text{C}$, $^{14}_7\text{N}$ (Н, p) $^{14}_6\text{C}$ и $^{17}_8\text{O}$ (Н, α) $^{14}_6\text{C}$. Особенностью этих моделей является то, что они моделируют образование радиоуглерода в поле тепловых космических нейтронов. Это значит, что модели справедливы для количества $^{13}_6\text{C}$, $^{14}_7\text{N}$ и $^{17}_8\text{O}$ в массе атмосферы Земли ниже 30 км. Общая масса атмосферы составляет $5,15 \cdot 10^{15}$ т. В зону атмосферы 30 км входит полностью тропосфера и 0,5 стратосферы. Общую массу атмосферы в тридцати километровой зоне предлагается оцениваться в $4,581 \cdot 10^{15}$ т. Если допустить, что в этом количестве атмосферы сохраняются численные значения процентного состава составляющих для всей атмосферы, то масса азота в ней будет $m_{\text{O}}^{30 \text{ км}} = 1,054 \cdot 10^{15}$ т, а масса углерода $m_{\text{C}}^{30 \text{ км}} = 7,91 \cdot 10^{11}$ т.

В этих количествах азота, кислорода и углерода число ядер $^{14}_7\text{N}$, $^{17}_8\text{O}$ и $^{13}_6\text{C}$, соответственно, будет: $N_{\text{N-14}} = 1,48 \cdot 10^{44}$ ядер, $N_{\text{O-17}} = 1,38 \cdot 10^{40}$ ядер, $N_{\text{C-13}} = 4,03 \cdot 10^{38}$ ядер.

После этого представляется возможность оценить скорости образования $^{14}_7\text{C}$ в атмосфере Земли, используя зависимость $\frac{dN_i}{dt} = \sigma_i \cdot N_i \cdot \bar{\varphi}$ и данные [4], обработав их с использованием зависимости:

$$A_i = \lambda_i \cdot N_i, \quad (1)$$

где в этих зависимостях $\frac{dN_i}{dt}$ – скорость образования дочернего нуклида, яд/с;

σ_i – эффективное микроскопическое сечение материнского ядра для нейтронов определенной энергии (в данном случае космических нейтронов тепловой энергии), см^2 ;

$\bar{\varphi}$ – средняя плотность потока космических нейтронов теплового спектра в толще атмосферы 30 км над уровнем Земли, $\text{н/см}^2\text{с}$;

A_i – активность дочернего радионуклида, Бк;

λ_i – постоянная распада радионуклида, с^{-1} ;

N_i – число радиоактивных ядер радионуклида.

В результате по трем приведенным ранее физическим моделям получим три уравнения для скоростей реакций, образования в тридцати километровой толще атмосферы углерода $^{14}_6\text{C}$ в нейтронном поле космических нейтронов тепловых энергий:

$$\sigma_{\text{C-13}}^{\text{тепл}} \cdot N_{\text{C-13}} \cdot \bar{\varphi}_{\text{тепл}} = 1,37 \cdot 10^{10} \text{ яд/с}, \quad (2)$$

$$\sigma_{\text{N-14}}^{\text{тепл}} \cdot N_{\text{N-14}} \cdot \bar{\varphi}_{\text{тепл}} = 1,25 \cdot 10^{19} \text{ яд/с}, \quad (2.1)$$

$$\sigma_{\text{O-17}}^{\text{тепл}} \cdot N_{\text{O-17}} \cdot \bar{\varphi}_{\text{тепл}} = 2,88 \cdot 10^{14} \text{ яд/с}. \quad (2.2)$$

Подставляя в эти уравнения $\sigma_i^{\text{тепл}}$ [5] и определенные ранее N_i для углерода-13, азота-14 и кислорода-17 значения для числа ядер в тридцати километровой толще атмосферы, получим три значения средней плотности потока нейтронов тепловой энергии одного и того же поля нейтронов космического происхождения:

$$\bar{\varphi}_{\text{тепл}}^{\text{C-13}} = 0,0378 \text{ н/см}^2\text{с},$$

$$\bar{\varphi}_{\text{тепл}}^{\text{N-14}} = 0,0482 \text{ н/см}^2\text{с},$$

$$\bar{\varphi}_{\text{тепл}}^{\text{O-17}} = 0,0435 \text{ н/см}^2\text{с}.$$

Таким образом, средняя плотность потока космических нейтронов тепловой энергии в приземной атмосфере толщиной 30 км, определяется как среднеарифметическая величина по приведенным трем значениям $\bar{\varphi}$, будет равна:

$$\bar{\varphi}_{\text{тепл}}^{\text{космич}} = 0,0432 \frac{\text{н}}{\text{см}^2\text{с}}.$$

Эквивалентная годовая доза космических нейтронов тепловой энергии на поверхности Земли будет (см. значение удельной максимальной эквивалентной дозы $\text{нм бэр} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{н}^{-1}$ [6])

$$P_{\text{косм.Н}_T} = \bar{\varphi}_{\text{тепл}}^{\text{космич}} \cdot h_{\text{тепл}} = 0,0432 \cdot \frac{\text{н}}{\text{см}^2\text{с}} \cdot 9 \cdot 10^{-10} \frac{\text{бэр} \cdot \text{см}^2}{\text{н}} = 3,89 \cdot 10^{-11} \frac{\text{бэр}}{\text{с}} = 0,0122 \frac{\text{мЗв}}{\text{год}} \quad (3)$$

Рекомендованная МКРЗ годовая эффективная эквивалентная доза космических нейтронов всех энергий составляет $0,042 \text{ мЗв} \cdot \text{год}^{-1}$. Таким образом, эффективная годовая эквивалентная доза космических нейтронов надтепловых энергий составляет:

$$P_{\text{косм.н/г}} = 0,0298 \frac{\text{мЗв}}{\text{год}}.$$

Результаты и обсуждение. В результате проведенного анализа скорости образования космогенного радиоуглерода $^{14}_6\text{C}$ оценена:

– средняя плотность потока космических нейтронов тепловых энергий в атмосфере:

$$\overline{\varphi}_{\text{тепл}}^{\text{космич}} = 0,0432 \frac{\text{н}}{\text{см}^2 \cdot \text{с}};$$

– годовая эффективная эквивалентная доза космических нейтронов тепловых энергий ($0,005 \div 0,5 \text{ эВ}$) [Арцимович] составляет:

$$P_{\text{косм.н}_T} = 0,0122 \frac{\text{мЗв}}{\text{год}};$$

– годовая эффективная эквивалентная доза космических нейтронов надтепловых энергий составляет:

$$P_{\text{косм.н/г}} = 0,0298 \frac{\text{мЗв}}{\text{год}}.$$

Что составляет треть от годовой эквивалентной дозы облучения для населения.

Список литературы:

1. Бекман, И. Н. Радиозоология и экологическая радиохимия : учебник для бакалавриата и магистратуры / И. Н. Бекман. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва : Юрайт, 2016. - 407, [1] с. : ил., табл.
2. Козлов В.Ф. Справочник по радиационной безопасности / В.Ф.Козлов, 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1991 – 352 с.
3. Филиппов, Е. М. Радиационная экология / Е.М. Филиппов. – Севастополь, 2003 – 241 с.
4. Филиппов, Е.М. Возможности использования нейтронов космического фонда для изучения солесодержания морских вод / Е.М.Филиппов // 1984. Авторский оттиск «Атомная энергия» том 56.
5. Саркисов, А.А. Физические основы эксплуатации ядерных паропроизводящих установок / А.А.Саркисов, В.Н.Пучков. – М.: ЭАИ, 1989. – 504с.
6. Гордеев, И.В. Справочник по ядерно-физическим константам для расчета реакторов / И.В Гордеев, Д.А. Кардашев, А.В.Малышев. – Москва.:Издательство государственного комитета совета министров СССР по использованию атомной энергии, - 1960г. – 278 с.
7. Справочник по ядерной физике / Перевод с английского под редакцией Л.А.Арцимовича. – М.: Гос.издат физико-математической литературы, 1963. – 632 с.

ON THE AVERAGE DENSITY OF THE COSMIC NEUTRON FLUX AROUND THE GLOBE

P.A. Ponomarenko, M.A. Frolova

Sevastopol State University, Sevastopol, 299053, Russia,

e-mail: frolova-85@mail.ru

Abstract

The article is devoted to the assessment and analysis of the generation of neutrons of cosmic origin across the globe and the assessment of the equivalent dose rate generated during this process.

АДАПТИВНАЯ СИСТЕМА СЕЛЕКЦИИ И СЕМЕНОВОДСТВА ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАПАДНО-СИБИРСКОМ РЕГИОНЕ

Н.А. Поползухина¹, Л.А. Кротова¹, П.В. Поползухин², Н.А. Якунина¹

¹ФГБОУ ВО Омский ГАУ, г. Омск, 644008, Россия

e-mail: popolzuxinana@mail.ru, la.krotova@omgau.org, jakunina_1978@mail.ru

²ФГБНУ Омский аграрный научный центр, г. Омск, 644012, Россия;

e-mail: popolzuxinana@mail.ru

В связи с задачей импортозамещения продовольствия в России, проблема увеличения производства зерна и семян высокого качества основных сельскохозяйственных культур, и в первую очередь, пшеницы, становится весьма актуальной. Кроме того, в рамках Евразийского сотрудничества важное значение приобретает проблема экспорта зерновой продукции и внедрение инновационных селекционных достижений в сопредельные государства. Разнообразие почвенно-климатических условий регионов с необходимостью диктует ведение адаптивной селекции, что предполагает создание новых сортов сельскохозяйственных культур, «пригнанных» к конкретным условиям возделывания [1].

Мониторинг сортов пшеницы и ячменя России, проведенный под руководством В.А. Пухальского [2] с использованием анализа частот генов гибридного некроза, полиморфных аллелей глиадиновых и гордеиновых локусов, а также анализа родословных показал, что в процессе селекции произошло уменьшение генетического разнообразия сортов пшеницы по всем регионам ее возделывания, в наибольшей степени это явление имеет место в Уральском, Западно- и Восточно - Сибирском регионах. Установленные факты, по мнению авторов, свидетельствуют о генетической эрозии, конечным результатом которой является потеря значительного числа ценных генов и/или их аллелей.

В этой связи весьма актуально использование метода экспериментального мутагенеза и мутантно-сортовой гибридизации, включение в скрещивания диких сородичей пшеницы (аллоцитоплазматическая изменчивость) для управления генетической изменчивостью в селекции.

В сложившихся условиях актуальным является и ведение адаптивного семеноводства, которое основывается на получении оригинальных семян новых сортов высокого качества, производстве элиты и репродукционных семян, базирующихся на агротехнологиях, разработанных применительно к конкретным условиям возделывания.

Эксперименты осуществлялись на основе проведения полевых и лабораторных опытов на базе ФГБНУ "Омский аграрный научный центр" и ФГБОУ ВО Омский ГАУ. Многолетние исследования по созданию сортов яровой мягкой пшеницы проводятся с 1980 г. Для получения нового исходного материала применялись физические (гамма-лучи) и химические супермутагены (ДМС, ЭИ, ЭМС, НДММ и др.) [3]. Широко использовались многоступенчатые мутантно-сортовые, межмутантные, межсортовые и аллоцитоплазматические скрещивания [4]. Отбор ценных генотипов начинали с М₁ и F₂. Оценка ценных линий проводили на всех этапах селекционного процесса. Предварительное сортоиспытание организовывалось в отделе семеноводства ФГБНУ " Омский аграрный научный центр ". Экологическое испытание по типу конкурсного проводилось в ОПХ "Новоуральское", на Тарской опытной станции (Омская область), а также в условиях Республики Казахстан (ТОО "Пушкинское", Северо-Казахстанская область; ТОО НПЦЗХ им. А.И. Бараева, п. Шортанды). Агротехнические опыты закладывались по 2-м предшественникам (пар и зерновые) при

посеве в различные сроки (с 7 мая по 4 июня с интервалом 7 дней) с разными нормами высева (3 - 6 млн всх. зерен на га) на делянках площадью 15 кв. м в 4-х кратной повторности. Все анализы, учеты и наблюдения соответствовали методике Государственной комиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур.

В связи с большим почвенно-климатическим разнообразием зон растениеводства Западно-Сибирского региона и Республики Казахстан важное значение приобретает создание узкоспециализированных сортов с конкретной региональной приспособленностью. Именно в этом направлении осуществлялась наша многолетняя работа по созданию адаптивных сортов яровой мягкой пшеницы различных групп спелости. Для расширения генотипического разнообразия исходного материала использовались методы экспериментального мутагенеза, межмутантные, мутантно-сортовые скрещивания с включением в схемы скрещиваний яровых фенотипических аналогов озимой пшеницы, а также диких сородичей пшеницы. Результатом этой работы явилось создание сортов, включенных в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию в 10-м регионе Российской Федерации и в Республике Казахстан (табл.1).

Таблица 1

Сорта яровой мягкой пшеницы, включенные в Государственный реестр селекционных достижений

Сорт	Год включения в Госреестр	Родословная
Росинка	1997 (Россия)	Собаковская 3, гамма-лучи 7,5 кр
Росинка 2	1999 (Россия)	Целинная 21, ЭИ 0,02%
Росинка 3	2004(Казахстан)	Мутант озимой пшеницы 112 x Иртышанка 10
Славянка Сибири	2004 (Россия)	Лютесценс 65, НДММ 0,01%
Светланка	2003(Россия), 2006(Казахстан)	Омская 23 x Целинная 26
Катюша	2008 (Россия)	(Мутант717 x В 2612) x Мутант 769
Лавруша	2009 (Россия)	Мутант 802xЛиния 4042/93.
Серебристая	2010 (Россия)	{(ОмсХИ – 6 x Заволжская) x [Росина x Мутант 717 (Лютесценс 65, НДММ 0,05)]}
Мелодия	2013 (Россия); 2016 (Казахстан)	Омская 19 (Ae. Cilindrica) x Лютесценс 6747
Волошинка	2015 (Россия)	Лютесценс 6747 x Омская 19 (Triticum dicoccum)
Омская золотая	2015 (Россия)	Yjuvenalis x Омская 19
Омская юбилейная	2019 (Россия)	{Лютесценс 3 x [F5Б1 (Мутант 777 x Г7251/03) x Г7251/03] x Росинка 3 (Мутант 112 x Иртышанка 10)}

Сорта яровой мягкой пшеницы, включенные в Госреестры - мутантного происхождения: Росинка (РФ), Росинка 2 (РФ), Лавруша (РФ); сорта, полученные на основе мутантно-сортовых и межсортовых скрещиваний: Росинка 3 (Республика Казахстан), Катюша (РФ, Республика Казахстан), Светланка (РФ, Республика Казахстан), Серебристая (РФ), Омская золотая (РФ), Омская юбилейная (РФ); сорта, созданные на основе аллоцитоплазматических скрещиваний: Мелодия (РФ, Республика Казахстан), Волошинка (РФ). Площадь посева под созданными сортами на сегодняшний день составляет более 1 млн. га в Западной и Восточной Сибири, Республике Саха

Якутия, в Казахстане, что является подтверждением эффективности многолетней деятельности научно-производственной системы "Сибирские семена", функционирующей на базе ФГБНУ «Омский аграрный научный центр».

Новые сорта в складывающихся условиях должны обладать достаточным гомеостазом, т.е. способностью без особого ущерба переносить заметные колебания параметров окружающей среды. Проведенные нами исследования (2005-2007 гг.) позволили оценить экологическую пластичность и стабильность ряда реестровых сортов и перспективных селекционных линий. Высокими показателями пластичности и стабильности в условиях степной и южной лесостепной зон Омской области характеризовались: сорта Лавруша, Мелодия, а также перспективные сортообразцы Г 128/00, Г 566/01, Г 620/01, Г 535/01, Г 583/01, Г 695/01.

Совместные исследования, проведенные в 2011-2013 гг. одновременно в 2-х экологических точках (г. Омск и п. Шортанды, Казахстан) (табл. 2) позволили установить, что наиболее отзывчивыми на улучшение условий выращивания в условиях южной лесостепи Западной Сибири, а значит более пластичными, оказались следующие сортообразцы среднеранней группы: Астана ($b_i = 1,20$), Катюша ($b_i = 1,42$), Г 248/01 ($b_i = 1,45$); среднеспелой группы: Дуэт (стандарт) ($b_i = 1,16$), Акмола 2 ($b_i = 1,27$), Мелодия ($b_i = 1,13$), Г 403 /02 ($b_i = 1,11$); из среднепоздней группы пластичных сортообразцов выделено не было. Амплитуду колебаний урожайности определяет показатель стабильности (S^2d), чем меньше отклонение от нулевой отметки, тем стабильнее сорт. Из изученных сортообразцов наибольшей стабильностью урожайности в условиях южной лесостепи Западной Сибири характеризовались: в среднеранней группе – Астана ($S^2d = 0,005$), Катюша ($S^2d = 0,009$); в среднеспелой – Дуэт ($S^2d = 0,003$), Мелодия ($S^2d = 0,002$), Г 403/02 ($S^2d = 0,009$), Г 539/07 ($S^2d = 0,003$); а также все изучавшиеся сортообразцы среднепоздней группы.

Таблица 2

Экологическая пластичность и стабильность урожайности сортов яровой мягкой пшеницы, 2011-2012 гг.

Сорт, селекционная линия	Южная лесостепь Западной Сибири		Степь Северного Казахстана	
	b_i	S^2d	b_i	S^2d
Памяти Азиева*	0,73	0,072	0,96	0,001
Астана**	1,20	0,005	0,77	0,005
Катюша	1,42	0,009	1,05	0,002
Г 2755/04 (Омская юбилейная)	0,95	0,013	0,88	0,002
Г 26/97	1,02	0,062	1,23	0,004
Г 248/01	1,45	0,056	1,53	0,006
Дуэт*	1,16	0,003	0,73	0,008
Акмола 2**	1,27	0,036	0,6	0,001
Мелодия	1,13	0,002	1,25	0,001
Г 539/07	1,06	0,003	0,97	0,009
Г 13/97	0,81	0,005	1,04	0,002
Г 403/02	1,11	0,009	0,84	0,004
Омская 35*	0,62	0,048	1,22	0,002
Серебристая	0,90	0,005	1,23	0,009
Г 513/05	1,00	0,003	1,10	0,002

*- сорта-стандарты в условиях г. Омска; ** - сорта-стандарты в Казахстане

При оценке адаптивных свойств сортов и селекционных линий яровой мягкой пшеницы в условиях степи Северного Казахстана были выявлены наиболее пластичные: в среднеранней группе – Г 26/97 ($b_i = 1,23$), и Г 248/01 ($b_i = 1,53$), среднеспелый сорт Мелодия ($b_i = 1,25$), а также среднепоздние – Омская 35 ($b_i = 1,22$), Серебристая ($b_i = 1,23$), Г 513/05 ($b_i = 1,10$).

Наибольшей стабильностью урожайности характеризовались: в среднеранней группе – сорта Памяти Азиева, Астана, Катюша, линии Г 2755/04 (Омская юбилейная) и Г 26/97; в среднеспелой – Акмола 2, Г 13/97 и Г 403/02; все среднепоздние образцы. Следует отметить, что в условиях двух экологических пунктов наибольшей пластичностью характеризовались: среднеранняя линия Г 248/01 и сорт Мелодия. Стабильную урожайность зерна в условиях, как южной лесостепи Западной Сибири, так и степи Северного Казахстана формировали сорта Катюша и Астана, селекционные линии из Казахстана Г 13/97 и Г 403/02, а также группа среднепоздних образцов.

Как наиболее адаптивные к условиям южной лесостепи Западной Сибири, сочетающие высокие показатели пластичности и стабильности следует выделить сортообразцы: Астана, Катюша, Дуэт, Мелодия и Г 403/02. К условиям Северного Казахстана наиболее адаптивны: линия Г 26/97, а также среднепоздние сортообразцы Омская 35, Серебристая и Г 513/05.

Вопросы адаптивного семеноводства изучаются в том числе на яровой мягкой пшенице. В результате проведенных исследований выявлены оптимальные агротехнические приемы (сроки посева, нормы высева, предшественники) для получения высокой урожайности зерна ряда сортов: Катюша, Серебристая, обеспечивающие получение семян с хорошими посевными и урожайными свойствами с целью обеспечения сельхозтоваропроизводителей высококачественными оригинальными семенами и семенами высших репродукций, а значит и быстрого внедрения сортов в производство. Оптимальными сроками посева в условиях южной лесостепи Западной Сибири оказались конец апреля, 7 и 15 мая, лучшими нормами высева – 4,5-5 млн зерен на га. Для получения семян с высокими посевными и урожайными свойствами важно располагать посевами по паровому предшественнику.

Таким образом, расширение генотипического разнообразия культуры путем использования в селекции различных методов позволяет создавать сорта яровой мягкой пшеницы, адаптивные к конкретным условиям возделывания, способные формировать стабильную урожайность зерна, характеризующегося высокими технологическими, посевными и урожайными свойствами. Агроэкологическая оценка новых сортов позволяет выявлять оптимальные сроки посева, нормы высева, предшественники для получения высокой урожайности зерна и семян, что является залогом успешного внедрения новых сортов в сельскохозяйственное производство региона, решения проблемы импортозамещения и экспорта зерновой продукции.

Список литературы:

1. Жученко А.А. Адаптивный потенциал культурных растений (эколого-генетические основа) - Кишинев, 2004. - 148 с.
2. Добротворская Т.В. Тенденции изменения генетического разнообразия сортов яровой мягкой пшеницы, реализованных на территории России в 1929-2003 гг. / Т.В. Добротворская, С.П. Мартынов, В.А. Пухальский; Генетика. 2004. Т. 40. № 11. С. 1509-1522.
3. Леушкина В.В. Физиолого-генетическая оценка устойчивых к бурой ржавчине образцов яровой мягкой пшеницы в условиях южной лесостепи Западной Сибири: монография / В.В. Леушкина, Н.А. Поползухина, Л.А. Кротова; М-во сел. хоз-ва Рос. Федерации, Ом. гос. аграр. ун-т. – Омск: Изд-во ФГОУ ВПО ОмГАУ, 2010. – 179 с.
4. Калашник Н.А. Цитоплазматическая изменчивость пшеницы в селекции на адаптивность: монография /Н.А. Калашник, Н.А. Поползухина, М.Е. Михальцо-

ва; М-во сел. хоз-ва Рос. Федерации, Ом. гос. аграр. ун-т. – Омск: Изд-во ООО ИПЦ «Сфера», 2005. – 90 с.

**ADAPTIVE SYSTEM OF SPRING BREEDING WHEAT SOAP BREEDING
IN WESTERN SIBERIAN REGION**

N.A. Popolzukhina¹, L.A. Krotova¹, P.V. Popolzukhin², N.A. Yakunina¹

¹*FGBOU VO Omsk State Agrarian University, Omsk, 644008, Russia*

e-mail: popolzuxinana@mail.ru, la.krotova@omgau.org, : jakunina_1978@mail.ru

²*FGBNU Omsk Agrarian Research Center, Omsk, 644012, Russia*

e-mail: popolzux-inana@mail.ru

Abstract

The use of mutational and allocytoplasmic variability, inter-inter-and inter-mutant crosses made it possible to create spring soft wheat varieties that are adaptive to the conditions of the West-Siberian region and the Republic of Kazakhstan. Developed adaptive agricultural technologies for their cultivation contribute to their successful implementation in agricultural production.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИАЗОТРОФНОЙ БАКТЕРИЗАЦИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УРОЖАЙНОСТИ И КАЧЕСТВА ЗЕРНА ЗЕРНОВЫХ И ЗЕРНОБОБОВЫХ КУЛЬТУР

Н.А. Поползухина¹, П.В. Поползухин², О.Ф. Хамова², А.Д. Сейтуарова¹,
А.М. Стрелецкий¹, А.А. Божко¹, А.С. Киселев¹, И.Г. Кадермас¹

¹ФГБОУ ВО Омский ГАУ, г. Омск, 644008, Россия, e-mail: popolzuxinana@mail.ru

²ФГБНУ Омский аграрный научный центр, г. Омск, 644012, Россия

Увеличение урожая сельскохозяйственных культур, улучшение качества продукции, повышение плодородия почвы – важнейшие задачи сельскохозяйственного производства, в решении которых ведущая роль принадлежит биологическим факторам, в том числе фиксации атмосферного азота почвенными diaзотрофами [1,2].

Жизнь на Земле в значительной мере зависит от жизнедеятельности азотфиксирующих микроорганизмов, поскольку за счет симбиотической и асоциативной фиксации в биологический круговорот вовлекается наибольшая часть природного азота. В последние годы интерес к микробиологической фиксации атмосферного азота значительно возрос как в связи с определяющей ролью этого процесса в азотном балансе биосферы, возможностью сокращения объемов применения минерального азота при одновременном снижении энергетических затрат на производство продукции растениеводства [3], так и в связи с возникновением опасности ухудшения экологического состояния почв по причине увеличения применения средств химизации в земледелии [4].

Возможность создания биопрепаратов на основе ассоциативных азотфиксирующих и ростостимулирующих бактерий для повышения продуктивности сельскохозяйственных культур и получения экологически чистой продукции имеет большое научное и практическое значение. Однако использование таких биопрепаратов в значительной мере сдерживается из-за отсутствия необходимых знаний в области экологии этих микроорганизмов, роли агроэкологических факторов, отзывчивости отдельных генотипов, культур, определяющих эффективное функционирование растительно-бактериальных ассоциаций [5,6,7,].

Исследования проводились в 2011-2018 гг. на опытных полях отдела семеноводства ФГНУ «Омский аграрный научный центр», расположенного в зоне южной лесостепи Западной Сибири. Почва опытного участка лугово-черноземная среднемошная среднегумусовая среднесуглинистая, с нейтральной реакцией среды, обеспеченность нитратным азотом – низкая, подвижным фосфором – высокая, обменным калием – очень высокая. Годы проведения исследований были достаточно контрастными. В качестве объекта исследований использовали:

- 9 сортообразцов яровой мягкой пшеницы селекции ФГНУ «Омский аграрный научный центр» 3-х групп спелости: среднеранней (Памяти Азиева, Катюша, Г 2755/04), среднеспелой (Дуэт, Светланка, Мелодия), среднепоздней (Омская 35, Серебристая, Г 540/05);

- 6 сортов ярового ячменя зернофуражного и пивоваренного назначения: пленчатый - Омский 95, голозерный - Омский голозерный 1, пивоваренный - Омский 91;

- 6 сортов овса посевного двух групп: пленчатые (Орион, Мутика 4021, Иртыш 23) и голозерные (Сибирский голозерный, Прогресс, ТР 12-115);

- 5 сортов гороха посевного: Омский 9, Омский 18, Благовест, Демос и Ямал.

Для инокуляции семян были использованы биопрепараты ризоагрин (яровая пшеница, ячмень), азоризин (ячмень, овес), ризоторфин, гуминатрин (горох). На го-

рохе использовали как раздельную обработку ризоторфином и гуминатрином, так и совместное применение препаратов.

Опыты закладывались на делянках площадью 3-5 м², повторность опыта 5-и кратная. Посев делянок осуществлялся сеялкой ССФК – 7,0, с нормой высева 5 млн (зерновые) и 1,2 млн всхожих зерен на га (горох). Предшественник зерновые (вторая культура после пара). Обработка семян биопрепаратом проводилась в день посева. Уборку урожая осуществляли комбайном «Неге125». Статистическая обработка экспериментальных данных проводилась методом дисперсионного и корреляционного анализов в изложении Б. А. Доспехова [8].

Обработка семян ризоагином оказала неоднозначное влияние на отдельные генотипы яровой мягкой пшеницы. В среднем за годы изучения наибольшую прибавку урожайности зерна от инокуляции обеспечили сорта Памяти Азиева (от +0,10 до + 0,39 т/га в зависимости от года выращивания) и Дуэт (от + 0,01 до +0,47 т/га) (таблица 1). Превышение по урожайности было обусловлено увеличением таких элементов структуры, как высота растений, продуктивная кустистость, продуктивность колоса и масса 1000 зерен.

Таблица 1

Урожайность сортов яровой мягкой пшеницы, т/га, в среднем за 2011-2013 гг.

Сорт	Контроль	Инокуляция	± к контролю
Памяти Азиева	1,68	1,97	0,29
Катюша	2,30	2,23	-0,07
Г 2755/04	2,25	2,21	-0,04
х сред.	2,08	2,14	
Дуэт	2,19	2,42	0,23
Светланка	2,30	2,18	-0,12
Мелодия	2,40	2,49	0,09
х сред.	2,30	2,36	
Омская 35	2,25	1,94	-0,31
Серебристая	2,62	2,69	0,07
Г 540/05	2,32	2,33	0,01
х сред.	2,40	2,32	
В среднем по сортам	2,26	2,27	0,01
НСР _{0,5} А		0,34	
НСР _{0,5} В		0,16	
НСР _{0,5} АВ		0,47	

Потребительскую ценность зерна пшеницы характеризуют показатели качества, в том числе масса 1000 зерен, натура, стекловидность, содержание белка в зерне. При инокуляции семян ризоагрином была отмечена тенденция к увеличению изучавшихся показателей. В то же время у сорта Памяти Азиева выявлено достоверное превышение над контролем по натуре и содержанию белка в зерне; у сортообразцов Светланка и Г 540/05 – по массе 1000 зерен и содержанию белка.

На сортах ячменя различного направления изучали действие биопрепаратов ризоагрин и азоризин. Исследования показали, что наибольшую эффективность проявил препарат азоризин. На пленчатых сортах действие препаратов было положительным, в то время как голозерные сорта отрицательно отозвались на обработку. Наиболее отзывчивыми в среднем за годы исследований (2014 – 2016 гг.) были сорта Омский 91 (+ 7,7 т/га) и Саша (+ 4,6 т/га) при инокуляции азоризином, а также сорт Омский 95 (+2,2 т/га) при обработке ризоагрином.

Исследования, проведенные на овсе, показали, что, как и на ранее изученных культурах действие препаратов проявляется неодинаково в контрастных агроэкологических условиях (табл. 2). Голозерные сорта проявляют отрицательную реакцию на обработку. В среднем за 2015 -2017 гг. наиболее эффективным был препарат азоризин. Выявлена сортовая специфичность на инокуляцию биопрепаратами. Наибольшую отзывчивость на обработку обоими препаратами показал сорт овса Орион (+0,61 и +0,51 т/га). Высокая прибавка урожайности (+0,75 т/га) при обработке азоризином была отмечена для линии Мутика 4021, несколько меньшая, но достоверная – 0,35 т/га была получена при обработке этого сорта ризоагрином. Положительно на обработку ризоагрином отозвалась и линия TP12-115, урожайность которой составила 2,84 т/га, что достоверно превысило контроль на 0,26 т/га.

Таблица 2

Урожайность зерна сортов овса посевного, в среднем за 2015-2017 гг., в т/га

Сорт	Контроль	Ризоагрин	± к контролю	Азоризин	± к контролю
Орион	2,60	3,21	0,61	3,11	0,51
Мутика 4021	3,69	4,04	0,35	4,43	0,75
Иртыш 23	3,98	3,90	-0,08	4,22	0,24
Сибирский голозерный	2,42	2,21	-0,21	2,29	-0,13
TP12-115	2,58	2,84	0,26	2,41	-0,17
В среднем по сортам	3,05	3,24	0,19	3,29	0,24
НСР _{0,5} В*			0,25		
НСР _{0,5} С			0,31		

По фактору: В*- инокуляции, С- сорта

Обработка биопрепаратами привела к увеличению отдельных показателей качества зерна овса у всех исследуемых сортов. Превышения по наибольшему количеству показателей качества при инокуляции азоризином были отмечены для сортообразцов Мутика 4021 (содержание белка, масса 1000 зерен, пленчатость, выход крупы) и Иртыш 23 (содержание белка, натура, выход крупы) при обработке азоризином.

Эффективность обработок биопрепаратами гороха посевного была различной в зависимости как от генотипа, года исследований, так и от варианта обработки (таблица 3).

Наибольшей эффективностью характеризовался вариант совместной обработки ризоторфином и гуминатрином, в среднем по сортам за годы изучения урожайность в этом варианте составила 3,09 т/га или 115,5% к контролю. Близкими значениями характеризовались варианты с обработкой ризоторфином и гуминатрином – 2,93 т/га (105,8% к контролю), 2,95 т/га (106,5% к контролю) соответственно.

Была выявлена различная реакция сортов гороха на обработку тем или иным препаратом и на ее способ. Так, сорта Омский 9 и Благовест сформировали максимальную урожайность при совместной обработке препаратами, сорт Демос – при обработке гуминатрином, а сорт Ямал – был наиболее отзывчив на обработку ризоторфином, а также положительно отозвался на совместную инокуляцию семян обоими препаратами. Особого внимания заслуживает сорт гороха Омский 18, который положительно реагировал прежде всего на совместную обработку семян (121,5 % к контролю), а также на инокуляцию гуминатрином (111,7 % к контролю) и ризоторфином (111,3% к контролю).

Действие инокуляции на урожайность зерна различных сортов гороха,
в среднем за 2016-2018 гг., в т/га

Сорт	Контроль, т/га	Варианты опыта					
		инокуляция ризоторфином		инокуляция гуминатрином		совместная обработка	
		т/га	в % к контр.	т/га	в % к контр.	т/га	в % к контр.
Омский 9	2,90	2,86	98,6	2,95	101,7	3,37	116,2
Омский 18	2,83	3,15	111,3	3,16	111,7	3,44	121,5
Благовест	2,96	2,98	100,7	3,03	102,4	3,12	105,4
Демос	2,51	2,62	104,4	2,71	108,0	2,58	102,8
Ямал	2,66	3,05	114,7	2,58	97,0	2,95	110,9
Х ср.	2,77	2,93	105,8	2,95	106,5	3,09	111,5

Полученные данные позволили выделить наиболее отзывчивые на инокуляцию сорта. Прежде всего, это сорт Омский 18, сформировавший максимальную урожайность зерна во всех вариантах опыта. Заслуживают внимания сорта Омский 9, Благовест и Ямал, которые превысили контроль по изучаемому показателю в варианте совместной обработки препаратами. Более высокий уровень урожайности при инокуляции был обусловлен увеличением числа продуктивных узлов, бобов и массы семян с растения.

Инокуляция семян биопрепаратами не оказала существенного влияния на содержание белка в зерне. Достоверное превышение над контролем по изучаемому показателю было установлено лишь для сорта Омский 9 (+ 0,69 %) при обработке ризоторфином и у сорта Ямал в варианте совместной обработки препаратами (+ 0,95 %).

Сбор белка с гектара – важный показатель, характеризующий ценность зернобобовой культуры. Положительное действие инокуляции на этот показатель было отмечено прежде всего при совместной обработке препаратами (сорта Омский 9, Омский 18 и Ямал), а также при инокуляции гуминатрином (Омский 18 и Демос) и ризоторфином (Омский 18, Демос и Ямал). Особый интерес представляет сорт гороха Омский 18, который в среднем за 3 года обеспечил максимальный сбор белка с га – 659,29 кг/га. Инокуляция семян ризоторфином обеспечила достоверное увеличение показателя на 55,02 кг/га; гуминатрином – на 72,42 кг/га и совместная обработка препаратами – на 122,35 кг/га.

Таким образом, применение диазотрофной бактериализации представляет несомненный интерес для повышения уровня продуктивности зерновых и зернобобовых культур, улучшения качества зерна. Действие препаратов достаточно специфично, в значительной степени определяется генотипом, культурой, агроэкологическими условиями выращивания, а также способом обработки (раздельная либо совместная инокуляция).

Список литературы:

1. Мишустин Е. Н. Азотный баланс в зонах СССР / Е. Н. Мишустин // Минеральный и биологический азот в земледелии СССР. – М.: Наука, 1985. – С.3–11.
2. Умаров М. М. Современное состояние и перспективы исследований микробной азотфиксации/ М. М. Умаров, Г. В. Добровольский, И. Е. Мишустина // Перспективы развития почвенной биологии. – М.: Изд-во МГУ, 2001. – С. 47–56.
3. Базилинская М. В. Ассоциативная азотфиксация злаковыми культурами: обзорная информация / М. В. Базилинская. – М.: ВИНТИ, 1988. – 44 с.

4. Тышкевич Г.Л. Экология и агрономия. - Кишинев, 1991. - 266 с.
5. Кунаков А.М. Взаимодействие ассоциативных ризобактерий с растениями при различных агроэкологических условиях автореф. ... канд. биол. наук. / А.М. Кунаков. – Санкт-Петербург, 1998. – 18 с.
6. Аужанова А. Д. Формирование продуктивности генотипов яровой мягкой пшеницы под действием биопрепарата ассоциативных diaзотрофов в агроэкологических условиях южной лесостепи Западной Сибири / А. Д. Аужанова, Н. А. Поползухина // Омский научный вестник. – 2014 - № 1. – С. 90-92.
7. Поползухина Н.А. Оценка действия diaзотрофной бактериализации на зерновые культуры в различных агроэкологических условиях / Н.А. Поползухина, А.Д. Аужанова, П.В. Поползухин, А.М. Стрелецкий, А.А. Божко // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 60. С. 216-222.
8. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов) / Б.А. Доспехов. – М.: Колос, 1985. – 45 с.

USING DIAZOTROPHIC BACTERIALIZATION TO IMPROVE THE YIELD AND QUALITY OF GRAIN OF GRAIN AND GRAIN CULTURE

**N.A. Popolzukhina¹, P.V. Popoluzhin², O.F. Khamov², A.D. Seytuarova¹,
A.M. Streletsky¹, A.A. Bozhko¹, A.S. Kiselev¹, I.G. Kadermas¹**

¹FGBOU VO Omsk State Agrarian University, Omsk, 644008, Russia

e-mail: popolzux-inana@mail.ru

²FGBNU Omsk Agricultural Research Center, Omsk, 644012, Russia;

Abstract

As a result of years of research to identify the effect of diazotrophic bacteriolization on cereals (spring soft wheat, barley, oats) and leguminous crops (peas), it was found that the effectiveness of the preparations is determined by the culture, genotype of the variety, agroecological conditions of cultivation, especially biological preparation and method of its use.

РАДИОНУКЛИДЫ ДЛЯ БЕТА-ВОЛЬТАИЧЕСКИХ МИНИ БАТАРЕЙ

А.А. Пустовалов¹; Л. А. Цветков²; А.А. Мандругин³; Н.Н. Баранов⁴

¹ИИДГ РАН, г. Москва, 117334, Россия, e-mail: ap25605@gmail.com

²ООО "БИАПОС", г. Москва, Россия, e-mail: levtsvet@gmail.com

³Химический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия,
e-mail: aam1945@mail.ru

⁴Объединённый институт высоких температур РАН, г. Москва, 125412, Россия,
e-mail: nsmppve@iht.mpei.ac.ru

Миниатюризация изделий микросистемной техники с энергопотреблением на уровне милли- и микроватт требует соответствующего уменьшения характерных размеров индивидуальных источников энергии и увеличения длительности их действия, иначе не удастся обеспечить должную автономность и длительность действия перспективных разработок. Наиболее актуально проблема проявляется в сфере информационных технологий, медицине и космической деятельности. Согласно этой потребности, наблюдается постоянное совершенствование традиционных (химических, пьезоэлектрических и т.д.) источников в рамках существенных объективных ограничений. Значительные новые перспективы открываются, если в качестве источника энергии применить энергию, выделяющуюся при радиоактивном распаде. Удельный, на единицу массы, запас энергии радионуклидов превышает этот параметр наилучших химических источников в сотни тысяч раз.

В докладе анализируется, какие из известных радионуклидов удовлетворяют соответствующим требованиям и могут быть применены для решения обозначенной выше проблемы, а именно - для разработки и создания бета-вольтаических атомных батарей.

Бета-вольтаическая атомная батарея (АБ) – это устройство, в котором энергия радиоактивного распада превращается в электрический ток. Представляет собой симбиоз излучателя бета-частиц (быстрых электронов) и преобразователя со встроенным электрическим полем, предпочтительно полупроводника [1; 2; 3; 4; 5]. Под действием испускаемых радионуклидом бета-частиц в полупроводнике с р-п-переходом образуются неосновные носители заряда (электроны и дырки), а встроенное поле сепарирует их и превращает в электрический ток во внешней цепи. По сравнению с лучшими химическими источниками тока АБ - новый класс источников электропитания - обладают на 3-4 порядка большей энергоемкостью, устойчивой работой при отрицательных температурах, отсутствием саморазряда, стабильной работой в течение десятилетий [4,6].

Выбор радионуклида для АБ основан на сравнительном анализе таких характеристик, как тип распада, период полураспада, мощность экспозиционной дозы, удельное энерговыделение, возможность и стоимость наработки в промышленном масштабе [3,4]. Период полураспада радионуклида должен превосходить или быть соизмерим с заданным сроком службы АБ. Средняя энергия испускаемых заряженных частиц не должна превышать порога радиационных нарушений используемого полупроводникового преобразователя. Для практически всех полупроводников этот порог находится в диапазоне 170 ÷ 400 кэВ, и это главное препятствие для использования в рассматриваемых АБ альфа-излучателей. Типичная энергия альфа-частиц в разы больше порога, около 5 МэВ (это не исключает применения α -активных изотопов в батареях с непосредственным сбором заряда, фотоэлектрических и основанных на колебаниях консоли [9]).

Радионуклид не должен создавать дозиметрических проблем при эксплуатации АБ, в нём должны отсутствовать гамма-излучающие примеси, отсутствовать позитронное, тормозное и рентгеновское излучение. Радионуклид должен производиться в достаточных количествах при относительно низкой стоимости.

В итоге выбор падает на радионуклиды, имеющие только "чистое" бета-излучение.

Источником радионуклидов являются осколки деления ядерного горючего или изотопные мишени, облучённые в ядерном реакторе или в ускорителе элементарных частиц. В таблице 1 перечислены основные доступные β-излучающие радионуклиды.

Таблица 1

Радионуклиды β-излучатели [7,8]

Радионуклид	Период полураспада	Максимальная энергия β-частиц и γ-квантов (при наличии), кэВ
Никель-63	100,1 лет	66,7
Стронций-90	28,8 лет	546; γ1700(100%)
Тритий-3	12,3 года	18,6
Криптон-85	10,7 лет	687,1; 173; γ514 (0,43%)
Сера-35	87 дней	167,1
Фосфор-32	14,2 дней	1710,6
Углерод-14	5730 лет	156,4
Кальций-45	162 дня	256,8
Прометий-147	2,62 года	224,1
Радий-228	5,75 лет	45,9

Критически анализируем представленную в таблице 1 выборку β-излучателей.

Сера-35, фосфор-32 и кальций-45 имеют малый период полураспада, у фосфора-32 и криптона-85 неприемлемо жёсткое β-излучение, получение кальция-45 и радия-228 в промышленном масштабе невозможно.

Прометий-147 уже использовался в бета-вольтаической АБ [3,10]. Выделяется из осколков деления, всегда загрязнён жёстким гамма-излучателем прометием-146. Глубокая очистка от него – сложная и дорогостоящая задача изотопного разделения. Для долгоживущей АБ не подходит также из-за относительно короткого периода полураспада

Стронций-90 - чистый β-излучатель, долгоживущий, но энергия β-частиц слишком велика. Sr-90 находится в равновесии с дочерним иттрием-90 (Y-90), в результате чего на каждые 10000 актов распада стронция возникает один жёсткий γ-квант с энергией 1,7МэВ, что неприемлемо из за возникновения дозиметрических проблем.

Итого из множества известных изотопов остаются лишь три потенциальных претендента для использования в долгоживущей бета-вольтаической АБ – тритий, углерод-14 и никель-63. Их подробные характеристики показаны в таблице 2.

Конечно, хотелось бы использовать в АБ абсолютно "чистые" (мононуклидные) вещества, состоящие только из целевых нуклидов и свободные от любых "ненужных" излучений. Однако полностью избавиться от примесей нереально.

Тритий получают в специализированных ядерных реакторах. Природный литий обогащают изотопом Li-6 от исходных 7,5% до уровня 80% и более, а затем облучают в потоке тепловых нейтронов, получая тритий по реакции $Li^6 + n \rightarrow T + He^4$. Вопрос наличия примесей не актуален, так как в тритии

основными примесями являются водород, гелий и нерадиоактивный дейтерий, очистка от них не представляет особых трудностей.

Таблица 2

Основные характеристики выбранных β-излучателей для АБ

Наименование характеристики	Бета-излучатель			
	Никель-63	Углерод-14	Тритий Т ₂	Тритид ТiТ ₂
Плотность, г/см ³	8,75	1,87	2,68 E-4	4,05
Период полураспада, T _{1/2} лет секунды	100,1	5730	12,26	12,26
	3,16 E9	1,808 E11	3,87 E8	3,87 E8
Постоянная распада λ, с ⁻¹	2,19 E-10	3,83 E-12	1.791 E-9	1.791 E-9
Энергия β-частиц, keV макс. средняя	65,9	156	18.61	18.61
	17	50	5.69	5.69
Концентрация атомов, см ⁻³	8,36 E22	8,03 E22	2,69 E19	9,05 E22
Удельная активность, Ки/см ³ Ки/г	495	8,31	2,6 при н.у.	4381
	56,6	4,44	9720	1082
Энерговыведение, мкВт/Ки	101	296	33,7	33,7
Энерговыведение, мВт/см ³	49,9	2,46	0,088	148
Энерговыведение, мВт/г	5,7	1,32	328	36,5
E _{полн} , Ватт*час/г	7230	95540	5083	5658

E_{полн} – Запас энергии до полного распада радионуклида в 1 грамме излучателя.

Углерод-14 производится в ядерном реакторе путём облучения химических соединений азота и не подвержен загрязнению другими изотопами углерода, но может быть разбавлен ими при пострadiaционной обработке с соответствующим снижением и без того малой величины удельной мощности. К технологии и составу используемых материалов предъявляются весьма жесткие требования, усложняющие и удорожающие процесс производства.

Никель-63 получают в реакторе по реакции Ni⁶² + n → Ni⁶³ обязательно в смеси со стартовым и другими изотопами никеля и загрязняется побочно образующимися γ-излучателями, из которых наиболее сильным и "вредным" является кобальт-60 с неудобным периодом полураспада 5,2 года. Возникает необходимость пострadiaционной радиохимической очистки, удовлетворяющей весьма жестким требованиям к содержанию примесей. В отличие от прометия-147, речь идёт о химической, а не изотопной процедуре, что принципиально проще.

Сравнение энергетических характеристик рассматриваемых трёх радионуклидов приведено на графиках рисунков 1, 2 и 3. Использование трития в газообразном состоянии связано с большими конструктивными трудностями, поэтому дополнительно, где уместно, приводятся результаты для твёрдого тритида титана TiТ₂ и интерметаллида LaNi₅T_{6.7}.

Как следует из сравнения удельных (в расчёте на 1 грамм излучателя) энергетических характеристик, с учетом их периода полураспада, каждый из трёх рассматриваемых радионуклидов имеет свою предпочтительную сферу применения.

Тритий обеспечивает наибольшую удельную мощность, его жизненный цикл целесообразно считать 10 – 12 лет, как у очередного поколения мобильных телефонов. Эти обстоятельства говорят в пользу телефонной «вечной» батареи именно на тритии. Однако, мнение о доступности и дешевизне трития ошибочно. Не менее \$30тыс. за 1г., или 0.3ватта, даже при военном производстве. Относительная доступность была 30 лет назад, при сокращении термоядерных зарядов. Сейчас США испытывают острую нехватку трития для пополнения распадающихся военных запасов [11,12]. Не решены вопросы ядерного нераспространения.

Декларируемая безопасность тритиевой АБ пока не вяжется с его высокой биологической активностью, требует доказательства.

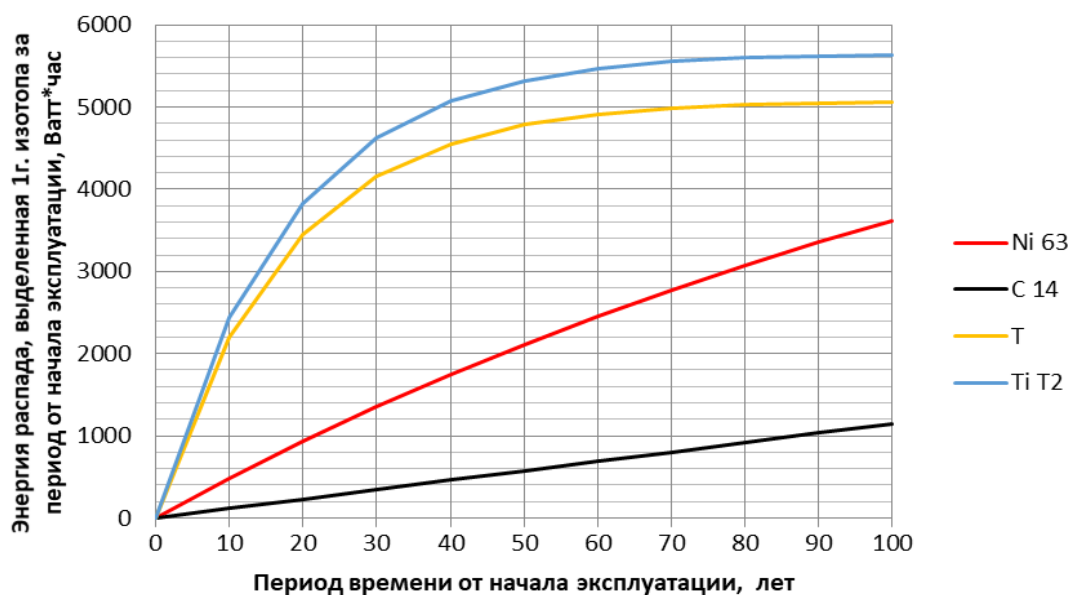


Рис. 1. Сравнение энергетической эффективности β-активных радионуклидов

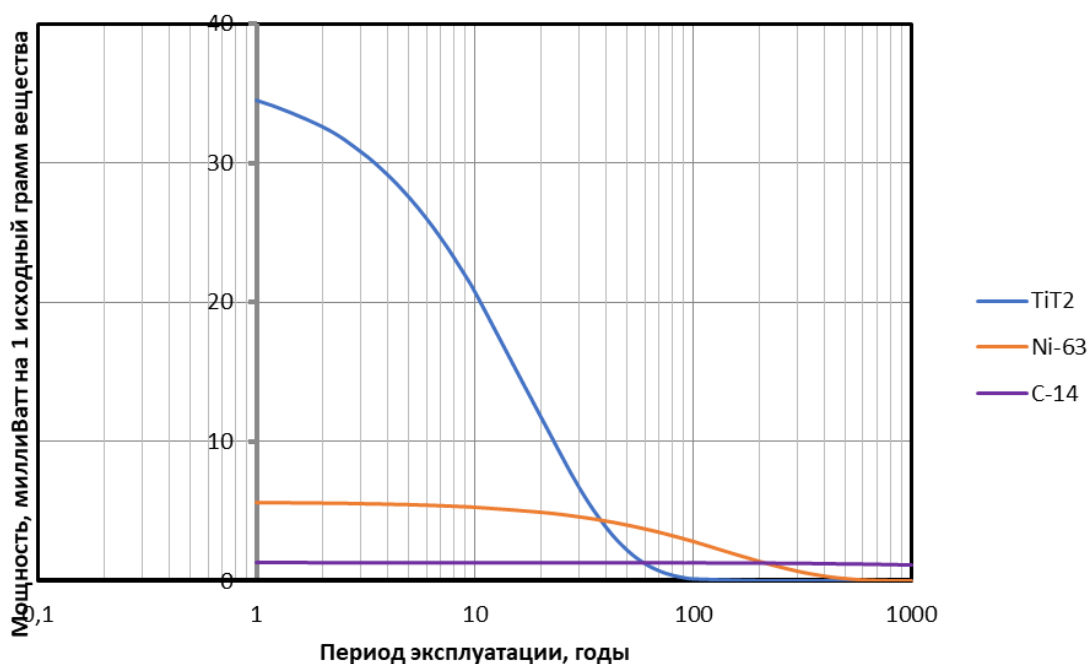


Рис. 2. Изменение со временем мощности (энергии распада), выделяемой 1 исходным граммом β-излучателя

Производство углерода-14 связано с загрузкой специальных изотопных каналов и потому аргумент не может быть крупномасштабным. Скорость накопления очень мала из-за малого сечения поглощения нейтронов. Годовое накопление 1000 кюри – это запредельно много, а обеспечит при КПД=1% суммарную электрическую мощность углеродных батарей 3 миллиВатта! Работоспособных в течение тысячелетия, если выдержит полупроводник. Наверное, в виде эксклюзивного исключения такие батарейки кому-то понадобятся, но не в серийном производстве. Опасность попадания C-14 в среду обитания несомненна.

Никель-63 – единственный радионуклид «сам себе конструкционный материал». Безопасен биологически. Срок службы исчисляется десятилетиями, 50 лет и более. Легко совместим с кремнием и другими полупроводниками. Ныне производится в

граммовых количествах, дорого. Использование патентов РФ №2313149, №2556891 и №2629014 позволяет набирать в год сотни килограмм никеля-63 без использования дефицитных изотопных каналов реакторов, не нарушая штатных режимов работы любых - исследовательских, промышленных, энергетических реакторов. Побочный характер наработки позволит снизить стоимость реакторного передела в сотни раз [13,14,15]. Никель-63 является ключевым радионуклидом, создающим возможность крупносерийного выпуска бета-вольтаических мини батарей для многочисленных применений в космической, медицинской, микросистемной технике, включая концепцию «on ship», когда автономное питание СБИС обеспечивает батарея, смонтированная на том же чипе, что и СБИС.

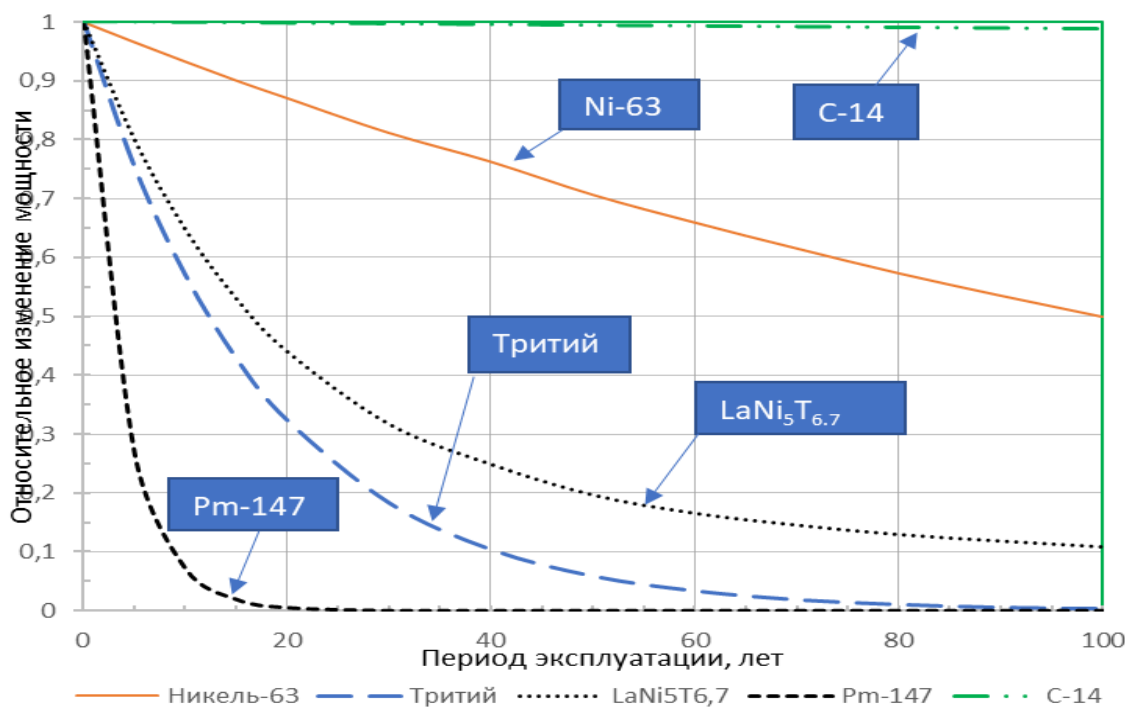


Рис. 3. Относительное падение мощности бета-излучателей во времени

Выводы:

1. На основе результатов расчетных исследований представлен сравнительный анализ энергетических и радиационно-физических характеристик бета-излучателей, пригодных для использования в бета-вольтаических атомных мини-батареях.

2. По комплексу показателей (удельное энерговыделение, энергия бета-частиц, период полураспада, реальные возможности промышленной наработки) только два радионуклида-никель-63 с обогащением не менее 80 % и тритий в виде тритида титана TiT_2 или скандия ScT_2 , а также интерметаллида - $LaNi_5T_{6,5}$ целесообразно использовать для создания энергоемких бета-вольтаических АБ со сроком службы от 15 до 50 лет и их серийного производства.

3. Показана бесперспективность использования для этой цели углерода-14 ввиду довольно низкой величины удельного энерговыделения (1,32МВт/г), принципиальных технических трудностей его промышленной наработки в больших объемах, а также потенциальной радиологической опасности в случае разрушения корпуса АБ.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант № 19-08-00452.

Список литературы:

1. У. Корлис, Д. Харви. Источники энергии на радиоактивных изотопах. Перевод с англ. М. Мир, 1967.

2. L.G. Olsen et al. Betavoltaic nuclear electric power sources. Trans. Electron Devices. 1969.vol.2. h.481.
3. Ю.В. Лазаренко, А.А. Пустовалов, В.П. Шаповалов. Малогабаритные ядерные источники электрической энергии. М. Энергоатомиздат, 1992г.
4. Бета-вольтаический источник тока на основе никеля-63. А.А. Пустовалов, В.В. Гусев, В.В. Заддэ, Н.С. Петренко, А.В. Тихомиров, Л.А. Цветков. Атомная энергия. т.103, вып.6, 2007г, стр.353-356.
5. В.М. Кодюков, В.В. Гусев, А.А. Почтаков, А.А. Пустовалов. Особенности преобразования энергии радиоактивного распада в электрическую с использованием кремниевых полупроводников с р-п-переходом. Радиационная техника, М. Атомиздат, 1975г, вып.11. стр.61-67.
6. В.Ю. Баранов, А.Ф. Паль, А.А. Пустовалов, А.Н. Старостин, Н.В. Суэтин, Ф.В. Филиппов, В.Е. Фортов. Радиоизотопные генераторы электрического тока. В кн. «Изотопы, свойства, получение, применение». Под ред. В.Ю. Баранова. М. Физматлит. 2005.
7. А.К. Круглов, А.П. Рудик. Реакторное производство радиоактивных нуклидов. М. Энергоатомиздат, 1985.
8. А.С. Герасимов, Т.С. Зарицкая, А.П. Рудик Справочник по образованию нуклидов в ядерных реакторах. М. ЭАИ. 1989. т. 93. вып.3.
9. H. Li, A. Lal, J. Blanchard and et al, Self-reciprocating radioisotope-powered cantilever // J. Appl Phys, 2002, №92, p.271-274.
10. Lewis M. I., Seeman S. E. // Nucl. Technol. 1973. V. 17. P. 160-167.
11. bmpd.livejournal.com/2480785.html
12. Подвиг П.Л. Стратегическое ядерное вооружение России. М: ИзДАТ, 1998. 492 с
13. А.А. Пустовалов, А.В. Тихомиров, Л.А. Цветков. Способ получения радионуклида никель-63. Патент РФ №2313149 от 26.06.2006г.
14. А.А. Пустовалов, Л.А. Цветков, С.Л. Цветков, А.И. Костылев и др. Способ получения искусственного изотопа никель-63, Патент РФ №2556891 от 20.07.2015г.
15. Ю.Г. Мокров, М.В. Логунов Способ получения радионуклида никель-63. Патент РФ №2629014 от 24.08.2017г.

RADIONUCLIDES FOR BETA-VOLTAIC MINI BATTERIES

А.А. Pustovalov¹; L.A. Tsvetkov²; А.А. Mandrugina³; N.N. Baranov⁴

¹*IDG RAS, Moscow, 117334, Russian Federation, e-mail: ap25605@gmail.com*

²*LLC "BIAPOS", Moscow, Russian Federation, e-mail: levtsvet@gmail.com*

³*Faculty of Chemistry, Moscow State University named after M.V. Lomonosov, Moscow, Russian Federation, e-mail: aam1945@mail.ru*

⁴*Joint Institute for High Temperatures (JIHT), RAS, Moscow, 125412, Russian Federation, e-mail: nsmppve@iht.mpei.ac.ru*

Abstract

The article analyzes which of the known radionuclides satisfy the relevant requirements and can be used to solve the above problem, namely, to develop and create beta-voltaic atomic batteries.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ГАЗОВ

В.А. Пухлий¹, С.Т. Мирошниченко¹, А.А. Журавлев¹, В.Г. Потехин²

¹Севастопольский государственный университет, Севастополь, 299017, Россия,
e-mail: pu1611@rambler.ru

²Предприятие «СМ Аэротекс», г. Севастополь, 299011, Россия

Рассматриваются современные технологии очистки высокотемпературных газов, вплоть до $T = 800^{\circ}\text{C}$, анализируются конструкции фильтров для этих целей. Отмечается эффективность малопористых пылеуловителей с фильтр-элементами из пористой бронзы, низколегированных сталей. Для регенерации фильтр-элементов используется пневматический пульсатор.

Введение. Многие отрасли промышленности характеризуются технологиями с высокими температурами действующих процессов. Отходящие газы от технологического оборудования в ряде случаев имеют температуру до $T = 800^{\circ}\text{C}$. В зависимости от температуры отходящих газов целесообразно применение того либо другого фильтровального оборудования.

На наш взгляд целесообразно ввести следующую классификацию диапазона температур отходящих газов и типов фильтровального оборудования.

Таблица 1

Диапазон температур и типы фильтровального оборудования для очистки высокотемпературных газов.

№ п/п	Диапазон температур, °С	Вид фильтровального оборудования	Завод-изготовитель
I	T = 100-150°С	Рукавные фильтры типа ФРЦИ-30, ФРИ, ФРО	ОАО «Финго» (п. Семибратово)
		Рукавные фильтры типа ФР-250	- « -
II	T = 150-250°С	Рукавные фильтры типа ФР-5000 с рукавами из стеклоткани	ОАО «Финго» (п. Семибратово)
		Скрубберы Вентури типа СВ-Кк-2	- « -
		Электрофильтры типа ЭГАСРК	- « -
		Электрофильтры типа ЭСГ	- « -
III	T = 250-350°С	Электрофильтры типа ЭГБМ и ЭГБД	- « -
IV	T = 350-450°С	Трубы Вентури	ОАО «Финго» (п. Семибратово)
		Электрофильтры типа ОГП, УГТ, СГ, УВП	- « -
V	T = 450-500°С	Рукавные фильтры типа ФРОС-500 с рукавами из металлической сетки	- « -
VI	T = 500-800°С	Фильтры металлокерамические барабанные типа ФАБ	КЗПМ г.Бровары ППП «Теплоэлектро-проект» (г.Киев)
		Пылеуловители металлопористые	Фирма «Аэромаш» г. Севастополь

Применение рукавных фильтров для очистки высокотемпературных газов. Фильтр рукавный ФРЦИ-30. Фильтр с циклонным входом газа и импульсной регенерацией. Температура очищаемого газа до $T = 130^{\circ}\text{C}$.

На рис.1 показан фильтр ФРЦИ-30.

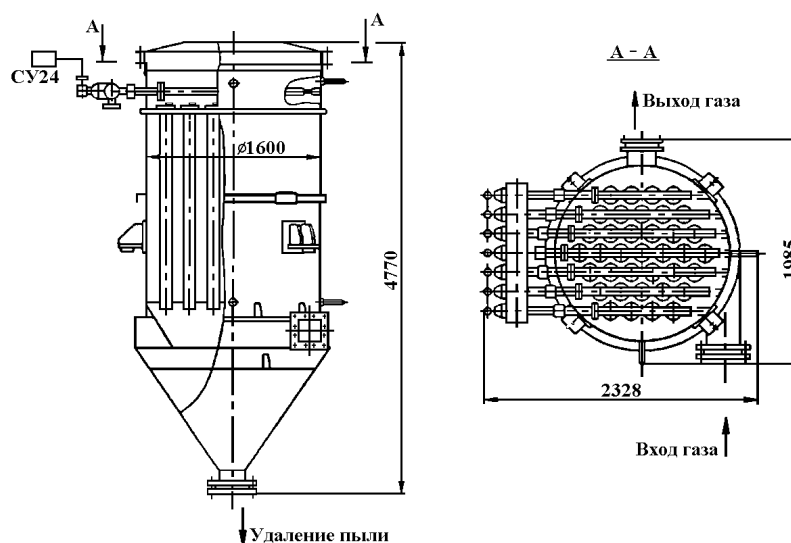


Рис. 1. Фильтр типа ФРЦИ-30.

Фильтр рукавный ФРЦИ-30 предназначен для очистки неагрессивных технологических газов в черной и цветной металлургии, промышленности строительных материалов и других отраслях промышленности и обеспечивает соблюдение предельно допустимых концентраций (ПДК) веществ в очищенных газах. Устанавливается в производствах Г и Д по СНиП 2.09.02-85. Выпускается АО «Финго» (п.Семибратово).

Технические характеристики фильтра рукавного ФРЦИ-30:

- Площадь поверхности фильтрования – 30 м^2 .
- Производительность по очищаемому газу – $3600 \text{ м}^3/\text{ч}$.
- Запыленность газов на входе – $500 \text{ г}/\text{м}^3$.
- Разряжение очищаемого газа – 8 кПа .
- Гидравлическое сопротивление – 3 кПа .
- Давление сжатого воздуха при регенерации – $0,3\text{--}0,6 \text{ МПа}$.
- Расход сжатого воздуха – $0,2\text{--}0,3$ от объема очищаемого газа.

Трубы Вентури типа ГВПВ (газопромыватель Вентури, прямоточный, высоконапорный). Трубы Вентури (рис.2) предназначены для установки в сочетании с каплеуловителями в системах очистки запыленных технологических газов с температурой до $T = 400^{\circ}\text{C}$, массовой концентрацией веществ в газовых выбросах на входе не более $30 \text{ г}/\text{м}^3$, давлением в диапазоне $P = 88300 \div 114300 \text{ Па}$. Трубы Вентури выпускает ОАО «Финго» (п.Семибратово).

Трубы Вентури предназначены для установки в производствах Г и Д по СНиП 2.09.02-85.

Технические характеристики труб Вентури типа ГВПВ:

Производительность по очищаемому газу:

- при условной скорости $v = 83 \text{ м}/\text{с}$ – $1700 \div 41400 \text{ м}^3/\text{ч}$;
- при условной скорости $v = 168 \text{ м}/\text{с}$ – $3500 \div 84000 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Площадь контактной зоны – $0,006 \div 0,14 \text{ м}^2$.

Гидравлическое сопротивление – $6000 \div 12000 \text{ Па}$.

Расход орошающей жидкости – $1,18 \div 168 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Давление орошающей жидкости – $56 \div 875 \text{ кПа}$.

Количество форсунок – $1 \div 4$.

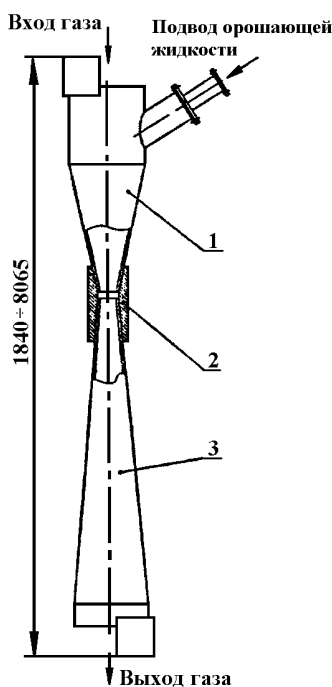


Рис. 2. Труба Вентури типа ГВПВ: 1 – конфузор; 2 – горловина; 3 – диффузор.

Скрубберы Вентури НИИОГАЗа. НИИОГАЗом разработаны четыре типоразмера скруббера Вентури с коническим обтекателем производительностью по газу от 2 до 50 тыс. м³/час (таблица 2). Аппараты обеспечивают возможность очистки запыленных технологических газов при величинах гидравлического сопротивления скруббера Вентури, лежащих в диапазоне от 6000 до 12000 Па.

Таблица 2

Техническая характеристика скрубберов Вентури с коническим обтекателем

Типоразмер скруббера	Производительность, тыс. м ³ /ч		Труба Вентури			Каплеуловитель		Габариты, мм	Масса, кг
	max	min	Диаметр, мм		ход обтекателя, мм	к-во	диаметр, мм		
			горловины	обтекателя					
СВ150-90-800	7	2	150	90	250	1	800	1340×1128×4095	2300
СВ210/120-1200	15	7	210	120	250	1	1200	1740×1588×4980	4500
СВ300/180-1600	30	15	300	180	350	1	1600	2140×2086×6205	7500
СВ400/250-2200	50	30	400	250	350	1	2200	2740×2850×7400	12200

Значение удельных орошений могут изменяться в пределах от 0,5 до 3,5 л/м³. Изменение расхода орошающей жидкости может осуществляться как за счет изменения ее давления, так и за счет использования сменных форсунок. Для очистки больших объемов запыленных технологических газов НИИОГАЗом разработаны скрубберы Вентури, в которых регулировка сечения горловины трубы осуществляется эллиптическим обтекателем. Для обеспечения соосности регулирующей вставки

с горловиной трубы и предотвращения вибрации штока головка обтекателя шарнирно соединена со штоком, который помещается внутри несущей трубы, закрепленной в опоре, расположенной в нижней части трубы Вентури. Труба Вентури комплектуется с отдельно стоящим циклоном-каплеуловителем (одним или двумя) с нижним подводом газа. В верхней части каплеуловителя соосно с ним расположен центробежный сепаратор (один или два – последовательно по ходу газа). Подача орошающей жидкости производится в конфузор трубы Вентури с помощью эвольвентных форсунок с цилиндрическим насадком, равномерно распределенных по периметру конфузора.

Применение электрофильтров для очистки высокотемпературных газов. Электрофильтры представляют наибольшую группу фильтровального оборудования для очистки высокотемпературных газов, при этом в целом ряде отраслей промышленности (цементная, металлургическая и др.) они по сути являются единственным видом фильтровального оборудования.

Электрофильтры типа ЭГАСРК. Предназначены для очистки дымовых газов в целлюлознобумажной промышленности после содорегенерационных котлоагрегатов (СРК) производительностью от 200 до 1920 тонн в сутки абсолютно сухого вещества черного шелока. Температура очищаемого газа $T=250^{\circ}\text{C}$.

Технические характеристики электрофильтров типа ЭГАСРК следующие:

- Производительность по очищаемому газу (при условной скорости в активной зоне 0,7 м/с) – 100, 150, 300 тыс. м³/ч
- Количество секций – 2 шт.
- Количество газовых проходов в одной секции – 8, 12, 24 шт.
- Количество полей – 3 шт.
- Длина электрического поля – 3200 мм.
- Межэлектронный шаг – 300 мм.
- Высота электродов – 9 м.
- Тип осадительных электрофильтров – С4С-640.
- Тип коронирующих электродов – пилообразный из стали 12Х18Н10Т.
- Разрежение газа – 3 кПа.
- Запыленность газов на входе – 16 г/м³.

Электрофильтры типа ОГП. Предназначены для сухой очистки от огарковой пыли газов с температурой до $T = 425^{\circ}\text{C}$, отходящих от печного обжига флотационного колчедана в сернокислотном производстве и в других процессах при аналогичных условиях. Фильтры типа ОГП выпускаются ОАО «Финго» (п.Семибратово).

На рис.3 показан электрофильтр типа ОГП.

В таблице 3 приводятся основные технические характеристики электрофильтров типа ОГП.

Таблица 3

Технические характеристики электрофильтров типа ОГП.

№ п/п	Показатели	ОГП-4-8	ОГП-4-16
1.	Производительность по очищаемому газу (при условной скорости в активной зоне 0,6 м/с), м ³ /ч	17280	34560
2.	Площадь активного сечения, м ²	8	16
3.	Массовая концентрация улавливаемых веществ в газах на входе, г/м ³	25	25
4.	Разряжение в электрофильтре, кПа	1,5	1,5
5.	Гидравлическое сопротивление, Па	150	150
6.	Количество полей, шт	4	4

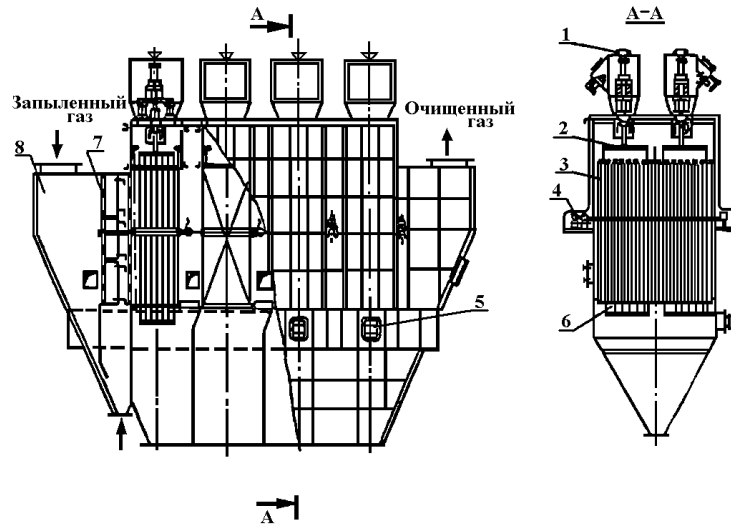


Рис. 3. Электрофильтр типа ОЭП: 1 – механизм встряхивания коронирующих электродов; 2 – подвеска коронирующих электродов; 3 – осадительные электроды; 4 – механизм встряхивания осадительных электродов; 5 – люк для обслуживания; 6 – коронирующие электроды; 7 – газораспределительная решетка; 8 – корпус.

Металлопористые пылеуловители. В настоящее время широкое применение для очистки высокотемпературных газов находят металлопористые пылеуловители: металлокерамические и металлотканые фильтры. В диапазоне температур $T = 200 \div 450^\circ\text{C}$ они с успехом конкурируют с электрофильтрами. Они имеют более высокую степень очистки высокотемпературных газов до $\eta = 99,99$. Кроме того, они по габаритам значительно меньше электрофильтров, монтируются на занимаемую электрофильтрами площадь и в 4-5 раз дешевле электрофильтров. При этом достигается значительная экономия электроэнергии, и самое главное – отсутствие высокого напряжения, необходимого для работы электрофильтров.

Модульные конструкции металлопористых пылеуловителей позволяют компоновать фильтровальные установки большой производительности (до $300000 \text{ м}^3/\text{ч}$).

Что касается диапазона температур $T = 450 - 800^\circ\text{C}$, то здесь конкуренции металлопористым пылеуловителям вообще не существует.

Металлопористые пылеуловители конструкции фирмы «Аэромаш». Фирма «Аэромаш» (г.Москва) разработала ряд конструкций металлопористых пылеуловителей [1–3], обладающих высокой эффективностью по пылеулавливанию $\eta = 99,90 \div 99,99\%$ и работающих в диапазоне температур до $T = 800^\circ\text{C}$. Ниже приводится конструкция металлопористого пылеуловителя (рис.4).

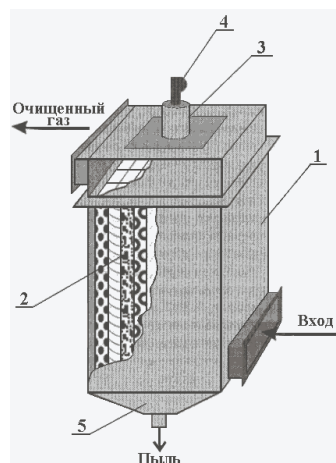


Рис. 4. Металлопористый пылеуловитель со сварными фильтр-элементами [1]: 1 - корпус; 2 - сварные фильтр-элементы; 3 - пневматический пульсатор; 4 - мембранный электромагнитный клапан; 5 - бункер для пыли.

Список литературы:

1. Пухлій В.О. Пиловловлювач металопористий. Патент України №39474 А. – Київ: Укрпатент, Бюл. №5, 2001.
2. Пухлій В.О. Пиловловлювач металопористий із втулковими фільтр-елементами. Патент України №46389А. – Київ: Укрпатент, Бюл. №5, 2002.
3. Пухлій В.О. Пиловловлювач металопористий високотемпературний касетного типу. Заявка на патент України №2003065414. – Київ, Укрпатент, 2003.

MODERN TECHNOLOGIES OF CLEARING OF HIGH-TEMPERATURE GASES

V.A. Pukhliy¹, S.T. Miroshnichenko¹, A.A. Zhuravlyov¹, V.G. Potekhin²

¹*Sevastopol State University, Sevastopol, 299017, Russia, e-mail: pu1611@rambler.ru*

²*Enterprise «SM Aerotex», Sevastopol, 299011, Russia, e-mail: aeroteks@yandex.ru*

Abstract

Modern technologies of clearing of high-temperature gases, up to $T = 800^{\circ}\text{C}$ are considered, designs of filters for these purposes are analyzed. Efficiency porous metal dedusters with filters-elements from porous bronze, nizkolegi-rovannyh steels is marked. For regeneration of filters-elements the pneumatic pulsator is used.

КОСМИЧЕСКИЙ МУСОР И ЕГО УТИЛИЗАЦИЯ

**В.А. Пухлий¹, С.Т. Мирошниченко¹, А.А. Журавлев¹, В.Г. Потехин²,
П.В. Пухлий²**

¹*Севастопольский государственный университет, Севастополь, 299017, Россия,
e-mail: pu1611@rambler.ru*

²*АО «Аэротекс», Москва, 127349, Россия, e-mail: polinapukhliy.01@mail.ru*

Запуски космических аппаратов связаны с образованием на околоземных орбитах десятков и сотен элементов ракет-носителей, отделяющихся элементов, конструкций спутников и т.д. [1]. Кроме того, в результате аварий и взрывов на околоземных орбитах последних ступеней ракет-носителей, спутников, грузовых кораблей (последний взрыв в 2003 г. американского грузового корабля «Спейс-шаттл» с 7-ю космонавтами на борту), различного рода столкновений между космическими аппаратами и их обломками, отслаивания теплоизоляционных покрытий, выбросов двигательных установок и т.п. в околоземном пространстве накапливаются объекты искусственного происхождения. Так, в настоящее время в околоземном пространстве находится свыше 20 тыс. космических объектов искусственного происхождения размером более 10 см. Все эти объекты классифицируются как космический мусор. По данным службы наблюдения за космосом США в 1995 г. в околоземном и межпланетном пространстве общее число наблюдаемых объектов составило свыше 7300, из которых только 5% составляли искусственные спутники Земли. Кроме того, порядка 24% составили искусственные спутники Земли, исчерпавшие свой ресурс, и около 11% составили отработавшие ступени ракет-носителей. Остальное составляют фрагменты ракетно-космических систем. Свыше 60 искусственных спутников Земли содержат в двигательных и энергетических установках радиоактивные материалы.

Космический мусор содержит также фрагменты размерами до 4-5 см, число которых составляет свыше 20 тысяч. Более мелкие фрагменты размерами 1-2 см составляют десятки миллионов.

В связи с таким большим количеством космического мусора в космосе постоянно присутствует опасность столкновения космических аппаратов и космонавтов с орбитальными фрагментами, движущимися со скоростью $v = 7,9$ км/с (первая космическая скорость). При достижении второй космической скорости $v = 11,19$ км/с космические фрагменты становятся искусственными спутниками солнечной системы, а при достижении третьей космической скорости $v = 16,7$ км/с покидают пределы солнечной системы. Так, например, летящая частица диаметром $d = 0,5$ мм легко пробьет скафандр космонавта практически любой конструкции. Вот почему для предотвращения столкновений с космическим мусором, размером более 4 см ведется постоянное отслеживание движения таких фрагментов с помощью радиолокационных и оптических средств и средств раннего предупреждения опасности.

Наиболее развитые страны имеют национальные программы освоения космоса и способны производить запуски космических объектов при помощи своих ракет-носителей: Россия, Украина, США, Франция, Япония, Китай, Англия, Индия. В табл.1 приводятся характеристики космодромов этих стран.

В настоящее время Китай стал третьей страной в мире после России и США, способной отправить человека в космос собственными силами. 15 октября 2003 года космический корабль «Шэньчжоу-5» («Священный челн-5») стартовал с космодрома Цзюцюань в северо-западной провинции Ганьсу. Первым китайским «тайкунавтом» (от китайского «тайкун» - космос) стал военный летчик Ян Ливэй.

Основные характеристики космодромов

Страна	Космодром	Число ракетносителей (модификаций)	Число стартовых комплексов (пусковых установок)	Число монтажно-испытательных корпусов	Максимальный грузопоток на орбиту ИСЗ, т/год	Проектная производительность стартовых комплексов, шт/год	Основные задачи и назначение запускаемых КА
Россия	Плесецк	3	7(9)	9	130	570	Выполнение пилотируемых программ; оборонное, народнохозяйственное, научное назначение (связь, телевидение, геодезия и др.).
	Плавучий космодром «Одиссей» (25% акций)	1 «Зенит-3SL»; ПО «Южмаш», РКК «Энергия»	1(1)	1	50	360	Коммерческий запуск спутников.
Казахстан	Байконур	6	9(150)	14	153	2196	Выполнение международных программ; оборонное, народнохозяйственное научное назначение (связь, телевидение, геодезия и др.).
Украина	Плавучий космодром «Одиссей» (15% акций)	1 «Зенит-3SL»; ПО «Южмаш», РКК «Энергия»	1(1)	1	50	360	Коммерческий запуск спутников.
США	Восточный испытательный полигон	1(2)	2(2)	2	20	653	Оборонное, научное (связь, навигация, геодезия и др.) и коммерческое назначение.
	Западный Испытательный полигон	4(5)	6(7)	1	76	370	То же
	Космический центр им. Дж. Кеннеди	3(4)	3(6)	1	50	360	Выполнение пилотируемых и международных программ; оборонное, научное (связь, навигация, геодезия и др.) и коммерческое использование.
	Плавучий космодром «Одиссей» (40% акций)	1 «Зенит-3SL»; ПО «Южмаш», РКК «Энергия»	1(1)	1	50	360	Коммерческий запуск спутников.
Англия	Плавучий космодром «Одиссей» (20% акций)	1 «Зенит-3SL»; ПО «Южмаш», РКК «Энергия»	1(1)	1	50	360	Коммерческий запуск спутников.
Китай	Чанченцзе		3(3)	1	50	360	Научное, коммерческое и оборонное

Страна	Космодром	Число ракетносителей (модификаций)	Число стартовых комплексов (пусковых установок)	Число монтажно-испытательных корпусов	Максимальный грузопоток на орбиту ИСЗ, т/год	Проектная производительность стартовых комплексов, шт/год	Основные задачи и назначение запускаемых КА
							назначение.
	Сичан	1	2(3)	1	50	360	То же
	Цзюцюань	1	1(1)	1	50	360	То же
Франция	Куру	1(3)	3(3)	2	50	360	Научное, коммерческое и оборонное назначение.
Япония	Утиноура	2	3(3)	1	50	360	Научно-исследовательские и прикладные задачи.
	Танегасима	2	3(3)	1	50	360	То же
Индия	Шри-Харикота	1	1(1)	1	50	360	Научно-исследовательские и прикладные задачи.

Россия и Франция осуществили договоренность о строительстве Россией в ближайшие 3 года российского космодрома в Куру с целью осуществления экономических запусков из экваториальной области.

Кроме наземных космодромов в настоящее время существует плавучий космодром «Одиссей», который состоит из полупогруженной платформы длиной $L = 133$ м, высотой $H = 58$ м и массой $G = 65$ тысяч тонн, судна управления «Sea Launch Commander» и судов обеспечения. Плавучий космодром «Одиссей» базируется в районе острова Вознесения в Тихом океане и предназначается для коммерческих запусков спутников. В консорциум «Морской старт», созданный в 1995 г., входят компании «Boeing» (США) – 40% акций, РКК «Энергия» (Россия) – 25%, КБ «Южное» и ПО «Южмаш» (Украина) – 15%, а также британско-норвежская компания «Kvaerner Group» - 20%.

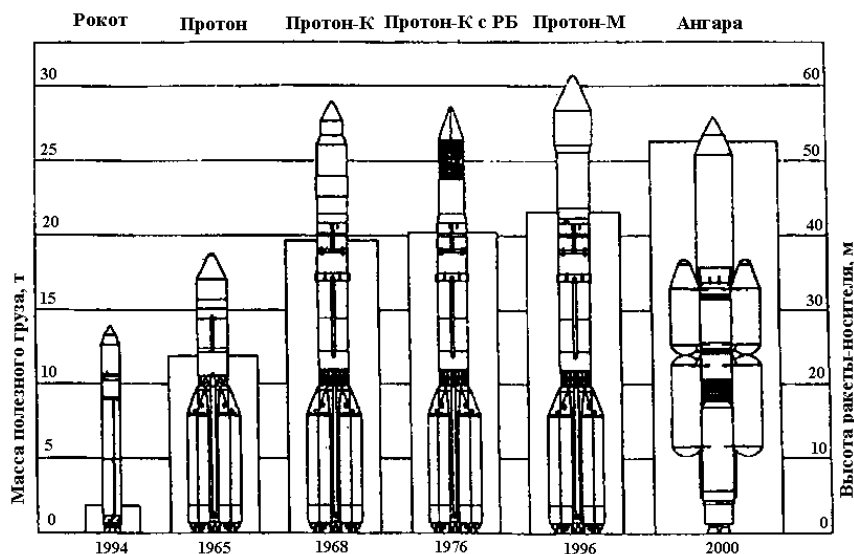


Рис.1. Масса полезного груза и высота некоторых отечественных ракет-носителей.

В качестве ракеты-носителя используется украинско-российская ракета-носитель «Зенит-3SL», стартовой массой 470 тонн. Первая и вторая ступени ракеты-носителя разработаны КБ «Южное» и изготавливаются на ПО «Южмаш» (г.Днепропетровск), третья ступень спроектирована и изготавливается ракетно-космической корпорацией «Энергия». В ракете-носителе «Зенит-3SL» в качестве топлива используется жидкое топливо (смесь жидкого кислорода и керосина).

Существует 4 класса ракет-носителей: легкие - стартовая масса до 100 т; средние - стартовая масса до 300 т; тяжелые - стартовая масса до 1000 т и сверхтяжелые - стартовая масса свыше 1000 тонн. На рис.1 приведены данные по массе полезного груза и высоты некоторых отечественных ракет-носителей [1]. Современные ракеты-носители достигают стартовой массы до $G = 3000$ т и имеют высоту свыше $H \geq 100$ м, количество ступеней 2-5 (многоступенчатые ракеты-носители). Запас топлива составляет до 90% от полной массы. При старте ракеты-носителя оказывают наиболее сильное воздействие на все слои атмосферы, в том числе и на озоновый слой Земли, который они разрушают. Продукты сгорания представляют собой смесь различных газов с температурой $T = 3000 - 4000$ °К. Равновесный состав продуктов сгорания в камере определяется по закону действующих масс, согласно которому скорость химических реакций прямо пропорциональна концентрации исходных реагентов, каждый из которых берется в степени, равной стехиометрическому коэффициенту, с которым вещество входит в уравнение химической реакции [2]. Принимая во внимание состав ракетных топлив можно считать, что продукты сгорания в камере будут состоять: а) для жидкого ракетного топлива – H_2O , CO , CO_2 , N , N_2 , NO , H , H_2 , OH , O ; б) для твердого ракетного топлива – Al_2O_3 , N_2 , H_2 , HCl , CO , CO_2 , H_2O . Температуры продуктов сгорания при этом будут $T = 1100 \div 1200$ °К.

После запуска ракет-носителей последовательно отделяются стартовые ускорители, отработавшие ступени, головные обтекатели, переходные отсеки последующих ступеней и другие элементы конструкций ракет-носителей. Они падают на поверхность Земли вдоль трасс пусков, а также в довольно широком диапазоне рассеиваются по поверхности Земли. Так, для космодрома «Байконур» такими местами падений фрагментов ракет-носителей являются Алтайский край и часть территории Казахстана. Особенная опасность падения на Землю таких фрагментов обуславливается наличием остатков токсичного топлива, ввиду чего такие местности должны быть признанными областями вредного воздействия на окружающую среду.

Таблица 2

Технические характеристики двухкомпонентных жидких ракетных топлив

Топливо		Массовое соотношение компонентов топлива	ПДК, мг/м ³
Окислитель	Горючее		
Кислород жидкий	Водород жидкий	5,56	-
	Керосин	2,73	300
	НДМГ	1,92	0,1
	Гидразин	1,0	0,1
Четырехокись азота (ПДК = 5 мг/м ³)	НДМГ	2,92	0,1
	Аэрозин-50	2,13	0,1
	Гидразин	1,44	0,1

В ракетной технике основным видом топлива является химическое, которое в результате химической реакции окисления, разложения или рекомбинации образует высокотемпературные продукты, создающие реактивную тягу при истечении из ракетных двигателей. В зависимости от агрегатного состояния компонентов ракетные топлива подразделяются на: а) жидкое - для жидкостных ракетных двигателей (ЖРД); б) твердое – для ракетных двигателей на твердом топливе (РДТТ); в) гибрид-

ное ракетное топливо. В табл.2 приводятся технические характеристики жидких двухкомпонентных топлив [1].

В качестве окислителя в жидких ракетных топливах используется жидкий кислород, тетраоксид азота, а в качестве горючего применяются несимметричный диметилгидразин (НДМГ), смесь НДМГ с гидразином (аэрозином), углеводородные горючие типа керосинов, водород.

В настоящее время организация сбора и уничтожения космического мусора является сложной технической проблемой. Известен ряд проектов решения этой сложной задачи, например, предлагается ускорить удаление с орбиты космического мусора посредством облучения их лучом лазера или пучком нейтральных частиц. Предлагается также сократить сроки пассивного существования космического мусора на околоземной орбите, используя тормозящие свойства атмосферы путем увеличения аэродинамического сопротивления космических фрагментов при помощи специальных технических устройств.

В природе существует естественный механизм решения проблемы очищения космоса от мусора - самоочищение космоса при воздействии светового давления и сопротивления атмосферы.

Список литературы:

1. Инженерная экология и экологический менеджмент. Под ред. Н.И. Иванова, И.М. Фадиной. – М.: Изд-во «Логос», 2002. – 528 с.
2. Барпер М. и др. Ракетные двигатели. – М.: Оборонгиз, 1962. – 410 с.

SPACE DUST AND ITS RECYCLING

**V.A. Pukhliy¹, S.T. Miroshnichenko¹, A.A. Zhuravlyov¹, V.G. Potekhin²,
P.V. Pukhliy¹**

¹*Sevastopol State University, Sevastopol, 299017, Russia, e-mail: pu1611@rambler.ru*

²*Enterprase «SM Aerotex», Sevastopol, 299011, Russia, e-mail: polinapukhliy.01@mail.ru*

Abstract

The space dust represents space objects of an artificial origin being in circumterrestrial space, in particular, the elements of carrier rockets separating elements, designs of the fulfilled companions etc. In connection with a considerable quantity of space dust constantly there is a danger of collision of started space vehicles and cosmonauts with orbital fragments.

Thereof fact the organisation of gathering and destruction of space dust is a difficult technical problem on which decision efforts of many countries are directed.

УДК 541.15

ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИОПРОТЕКТОРНЫХ И АНТИОКСИДАНТНЫХ СВОЙСТВ ПРЕПАРАТОВ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Пхью Мьинт У; И.Г. Антропова; А.Е. Кузнецов

Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева (РХТУ);
г. Москва, 125047, Россия, e-mail: phyomyintoo2502@gmail.com

Загрязнение окружающей среды вредными выбросами энергетики и промышленного производства, содержащими радиоактивные вещества, приводят к тому, что наш организм постоянно подвержен воздействию негативных факторов с радиационным воздействием. Установлено [1], что, как и у высших организмов, ионизирующее облучение вызывает у низших поражение генетического материала клеток, прерывая нормальный ход протекания биологических процессов. Минимально эффективные радиационные дозы облучения были следующие: в отношении различных простейших (*Protozoa*) – 0,09-0,7кГр, в том числе при облучении дизентерийной амебы *Entamoeba histolytica* – 0,25 кГр, нематод-паразитов *Anisakis species* – 6,0 кГр, *Gnathostoma spinigirum* – 7 кГр, дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* раса Феодосия-7 – 0,4 кГр.

Известно, что радиационные воздействия приводят к генерации активных форм кислорода. В организме человека существуют различные системы защиты от этих факторов, включая радиопротекторы, антиоксидантные системы и репарационные процессы. В профилактических целях для защиты организма от вредного действия ионизирующей радиации и лучевой болезни применяют различные радиопротекторы [2], однако их введение после облучения оказывается неэффективным. К радиопротекторам относят большинство известных радиозащитных соединений, например, аминотиолы (меркамин, пропамин, аминоэтилизотиоуроний и др.), аминокислоту цистеин, цистамин, аскорбиновую кислоту, каротин, некоторые биогенные амины, не содержащие сульфгидрильных групп, цианофоры, аминокислоты, некоторые спирты, отдельные представители углеводов, биологически-активные вещества растительного происхождения и др. Поступление в организм компонентов пищи и напитков, часто содержащих радиопротекторы, вещества с антиоксидантной и прооксидантной активностями, влияют на защиту от радиационного воздействия, что необходимо учитывать в профилактике неблагоприятных последствий.

На рис. 1 показана зависимость восстановительной активности в реакции с ДФПГ экстрактами (1:20) багульника болотного, донника лекарственного, ромашки лекарственной в 50% этаноле от их добавки в систему и от дозы облучения. При реакции экстрактов со стабильным радикалом дифенилпикрилгидрозилом обнаружено, что максимальной антирадикальной способностью обладает экстракт багульника по сравнению с другими экстрактами. Показано, что нет явной зависимости эффекта ингибирования ДФПГ экстрактами от дозы, но от добавки экстрактов в систему наблюдаем максимальный эффект для багульника, для ромашки – линейное увеличение от добавки экстракта в систему, для донника – эффект ингибирования ДФПГ не превышает 20%. Установлено, что индивидуальные кумарины - эскулетин, эскулин, скополетин, умбеллиферон, которые входят в состав экстрактов, после облучения не изменяют реакционной способности в реакции с ДФПГ, для умбеллиферона с увеличением дозы облучения зарегистрировано увеличение реакционной способности в реакции с ДФПГ [3]. В работе [3] также была установлена радиационная чувствительность экстрактов лекарственных растений – донника лекарственного и багульника болотного.

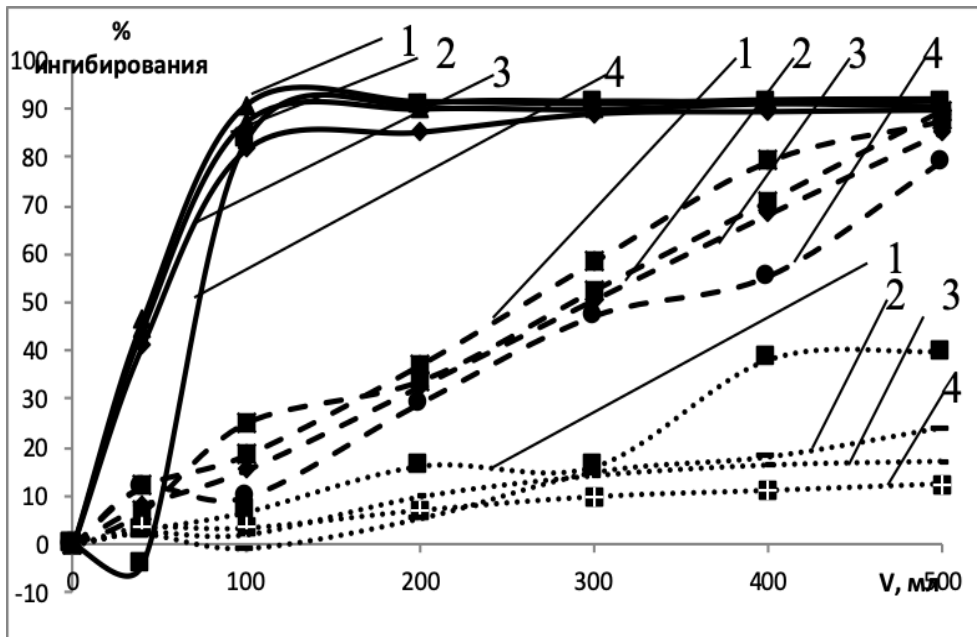


Рис. 1. Процент ингибирования ДФГ: — багульником, донником, ---- ромашкой от дозы облучения (кГр): 1 - 0, 2 - 0.36, 3 - 1.1, 4 - 7.6

В данной работе исследовали радиопротекторную активность кумаринов донника лекарственного и багульника болотного (кумарины из растительного сырья выделяли по методике, указанной в работе [3]) по отношению к дрожжевым клеткам *Saccharomyces cerevisiae* раса Феодосия-7, которые являются удобной моделью для исследования последствий радиационных воздействий. Дрожжи подвергали воздействию γ -излучения ^{60}Co на установке РХМ- γ -20 в дозе 0,4 кГр и измеряли через сутки после облучения концентрацию K^+ в среде с помощью калий-селективного электрода на рН-метре иономере «Экотест-2000» (Россия). Концентрацию K^+ в среде с дрожжами, облученными без добавок кумаринов, принимали за 100%. Выход ионов калия соответствует радиопротекторной активности: чем меньше потеря ионов K^+ , тем более выражены протекторные свойства кумарина.

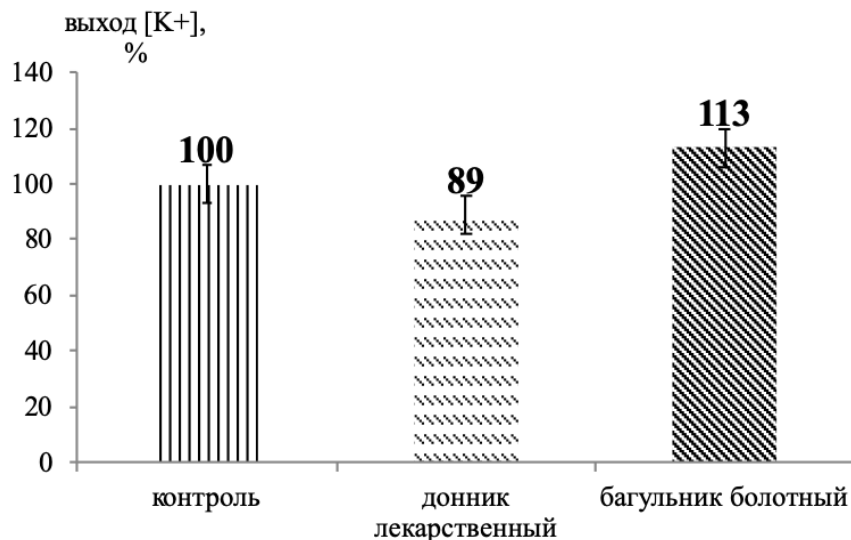


Рис. 2. Выход ионов $[\text{K}^+]$ % из дрожжевых клеток, облученных в дозе $D=0,4$ кГр, при внесении в систему кумаринов, выделенных из экстрактов лекарственных растений.

Результаты проведенных исследований (рис. 2) по определению радиопротекторной активности кумаринов из лекарственных растений показали наличие защитных свойств у водных растворов кумаринов, выделенных из донника лекарственно-

го, и отсутствие таковых у кумаринов из багульника болотного [3]. Именно с наличием кумарина в доннике связаны его радиопротекторные свойства, информация о радиопротекторных свойствах самого кумарина показана в работе [4], где показано, что кумарин обладает протекторным действием в концентрациях 0,003 и 0,03 мг/см³ и сохраняет способность клеток к размножению. В тоже время реактивирующее действие кумарина выражено слабо: отмечено незначительное увеличение числа жизнеспособных клеток дрожжей.

Для кумарина и донника лекарственного не зарегистрирована антиоксидантная (восстановительная) активность в реакции с ДФПГ, в отличие от багульника болотного. Стоит отметить, что для кумаринов из донника лекарственного зарегистрирована радиопротекторная активность, но отсутствует для кумаринов из багульника болотного. В результате проведенного исследования можно предположить, что не все антиоксиданты обладают радиопротекторной активностью.

Эта работа выполнена при финансовой поддержке РХТУ им. Д.И. Менделеева. Номер проекта К043-2018

Список литературы:

1. <https://megaobuchalka.ru/8/38484.html>
2. Владимиров В.Е., Красильников И.И., Арапов О.В. Радиопротекторы: структура и функция. - Киев: Наук. думка, 1989. – 258 стр.
3. Пхью Мьинт У. Реакционная способность донника, багульника, муррайи и некоторых кумаринов в их составе. Дисс. на соис. учен. степени к.хим.н. - М.: РХТУ, 2018. – 145 стр.
4. Антропова И. Г. Радиационно- химические превращения кумарина и его производных в водно- органических растворах. Автореф. на соис. учен. степ. к.хим.н. - М.: РХТУ, 2010. – 16 стр.

STUDY OF THE RADIOPROTECTIVE AND ANTIOXIDANT PROPERTIES OF PREPARATIONS OF PLANT ORIGIN

Phyo Myint Oo, I.G. Antropova, A.E. Kuznetsov

*D.I. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia (MUCTR),
Moscow, 125047, Russia, e-mail: phyomyintoo2502@gmail.com*

Abstract

In this work were investigated preparations of plant origin: *Melilotus officinalis*, *Le-dum palustre*, *Matricaria chamomilla*. Reductive activity in reaction with 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) was shown. It depends on additive of extracts into the system and from dose of irradiation. Radioprotective activity for coumarins from *Melilotus officinalis* with using *Saccharomyces cerevisiae* was determined.

УДК 631.4: 631.417

ГУМУС СЕРО-БУРЫХ ПОЧВ ПОЛУПУСТЫННОЙ ЗОНЫ АЗЕРБАЙДЖАНА КАК ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНОВА ПЛОДОРОДИЯ

Ф.М. Рамазанова

*Институт Почвоведения и Агрохимии Национальной Академии Наук Азербайджана,
Баку, AZ 1073, Азербайджан, e-mail: firoza.ramazanova@rambler.ru*

Введение. Одним из существенных показателей почвенного плодородия, определяющий функциональные свойства почв (энергетический потенциал, экологическое состояние) является гумусовый режим почв [1] и гумус играет огромную роль в биосферных явлениях как величайший аккумулятор солнечной энергии на земном шаре и является квинтэссенцией плодородия [2].

Гумус - многофункциональное органическое вещество. Он стабилизирует сложение почвы и ее структурное состояние, поддерживает и регулирует направленность химической и биологической активности круговорота вещества, а также и энергии в системе «Почва-растение-атмосфера». Начало процесса синтеза гумусовых веществ обусловлено поступлением в почву органических остатков растительного и животного происхождения. [3].

В неодинаковых природных поясах количество органического вещества целинных биоценозов, определяющий биологический круговорот, различен. Каждый год опад целинной полупустынной растительности состоит в профиле почвы из корней [3].

Для формирования гумуса большую массу в виде стерне-корневых остатков (меньшую, чем целинный травостой чернозема и высокую, чем целинный травостой полупустыни), дают окультуренные растения. С повышением урожайности интенсифицируется на полях также биологический круговорот, куда втягиваются органическое вещество стерне-корневых остатков. В почвообразовательный процесс меньше всего вовлекаются органическое вещество зоомассы (объем его составляет 0,4-3,1 % от фитомассы) и они не дают гумуса – полностью они минерализуются [4].

Гумификация – это глобальный процесс, в результате чего формируются перегнойно-аккумулятивные горизонты различного типа и мощности, которые зависят от факторов гумификации (масса растительных остатков, их химический состав, влажность и аэрация почв, рН, активность микроорганизмов, гранулометрический состав и др.) [1].

В системе агроценозов существенную роль принадлежит органическим веществам. Растительные останки (основная и побочная масса урожая и др.), которые возвращаются в почву как органические удобрения, сужают замкнутость цикла биологического круговорота органической массы и потока энергии в определенной системе земледелия.

Система минеральных удобрений, состоящие как из отдельных питательных элементов (N, P, K), также и их сочетания в различной форме, приводят к уменьшению в почве содержания органического вещества. То есть, они повышают сбор основной продукции культур и снижают долю растительных остатков.

Современный путь интенсификации и экологизации земледелия в аридной полупустынной зоне, предусматривает наибольшее использование легко восстанавливаемых биоресурсов (сидераты, солома, стерне-пожнивно-корневые остатки, побочная продукция культур), которые обеспечивая устойчивость определенной экосистемы, восстанавливают и расширяют воспроизводства плодородия почв, создают положительный баланс энергопоток в определенном агрофитоценозе. Чем незначительнее разомкнутость биологического круговорота органического вещества, тем

значительнее результативность данной системы земледелия и производительная способность агрофитоценоза.

Бессменное возделывание сельскохозяйственных культур из одной агробиологической группы и их периодическая смена определяют массу растительных остатков, оставляемых ими после уборки, а также направленность и интенсивность их превращения [5].

В высокогумусных почвах прямое действие удобрений менее выражено, но более длительно во времени. Потери элементов питания на таких почвах существенно ниже и, следовательно, меньше загрязняют окружающую среду. Хорошо исследована акцепторная роль гумуса, в закреплении избыточного количества вносимых в почву минеральных и органических веществ. Эта функция гумуса наиболее заметна при использовании высоких доз минеральных удобрений. Временно закрепленные элементы питания постепенно равномерно переходят в доступную для растений форму на всем протяжении периода вегетации, обеспечивая растений необходимыми для их питания соединениями [6].

В связи с интенсификацией земледелия увеличивается роль гумуса как основного фактора увеличения культуры земледелия, обеспечения экологической стабильности агрофитоценозов, основы почвенного плодородия и больших урожаев. Поэтому в полупустынной зоне Азербайджана в качестве главной задачи в обеспечении направленного воспроизводства почвенного плодородия орошаемых серо-бурых почв и обеспечения животноводства высококачественными кормами выступает увеличение скорости накопления новообразованного гумуса в почве путем возделывания промежуточных смешанных посевов кормовых и круглогодичного использования почвенно-климатических условий зоны. При этом необходимо не просто повысить содержания гумуса в пахотных и подпахотных горизонтах, а обновить гумусовых веществ и для того, чтобы они были достоверными средствами усовершенствования всех показателей целинных и пахотных серо-бурых почв Апшеронской зоны.

В связи с этим **цель работы** заключается в изучении влияния растительных остатков промежуточных посевов кормовых культур на накопление новообразованного гумуса и обеспечения экологической стабильности агрофитоценозов на орошаемых серо-бурых почвах аридной зоны Апшеронского полуострова.

Объект и методика исследования. Исследования проводились в длительном полевом опыте на целинных (серо-бурые солончаковатые) и орошаемых (серо-бурые) почвах Апшеронского полуострова (Гобустан, ст.Гюздек).

Климат зоны – субтропический с сухим жарким летом, температура января составляет 3,9–5,2 °С, поэтому почвы не промерзают. Сумма активных температур – 4000–4800° С, приход ФАР – 503–566 кДж/см², количество осадков – 180–330 мм в год, количество дней с температурой воздуха >10°С – 300 дней и почв > 5°С – 330 дней. В этой зоне почвы без орошения использовать невозможно [7].

Орошаемые серо-бурые почвы по гранулометрическому составу – супесчаные и суглинистые, рН 8,5, содержание гумуса в слое почвы 0–25 см – 1,7–2,09 %, валовое содержание элементов питания низкое: азота 0,15%, фосфора 0,11% и калия 1,26% [7, 8].

Схема опыта включала следующие варианты: I – целина; II – рожь на з/м (1 урожай) → кукуруза на силос (2-й урожай); III – люцерна на з/м; IV – кукуруза + соя + сорго + амарант (силос, весенний посев); V. рожь + вика + рапс, з/м (1 урожай) → кукуруза + соя + сорго + амарант, силос (2-й урожай) → ячмень + вика, з/м, (3-й урожай); VI – ячмень, зерно (поле хозяйства). Площадь одной делянки составляла 70 м² (учетная – 45 кв.м).

Агротехника – зональная (периодическое внесение 20 т/га навоза и ежегодное – N₉₀P₁₂₀K₆₀), с включением изучаемых в опытах технологий:

а) *озимый посев* – 2–7 октября, 1-ый урожай-вспашка (25–27 см) + навоз 20 т/га (в 2000, 2005, 2010 и 2015гг.) и P_{120} кг/га. Посев с внесением 20% N и K из расчета $N_{90}K_{60}$ кг/га, остальную норму – весной дробно: 50 % в фазе кущения и 30 % – в фазу выход в трубку;

б) *поукосный посев* – 20–23 мая, 2-ой урожай – дискование двукратное на 10–12 см. $N_{60}K_{60}$ вносили дробно: под вспашку – 30 %, в фазе 3-5 листьев – 50 %, при 8–10 листьев – 20 %. Уборка – 5–7 августа;

в) *2-ой поукосный посев* (3-ий урожай) – 7–10 августа, применялась плоскорезная обработка почвы на 15–17 см, N_{60} вносили в три приема: 30 % – под обработку, 50 % – в фазе кущения и 20 % – в фазе выход в трубку; уборка – 2–8 октября;

г) *весенний посев силосных культур* – агротехника зональная.

Влажность почвы поддерживалась орошением на уровне 75–80% НВ. Орошение – бороздовое. Постановка опытов и полевые работы проведены по методике ВИК им. В.Р. Вильямса (1987). Учет урожая и стерневых остатков определяли весовым методом в 2-х несмежных повторностях по диагонали в трех точках по 1 м², а учет массы корней – там же монолитным способом на площадках (25×25см²) и глубинах почвы 0–25 и 25–50 см в 3-х кратной повторности. Подземную массу отмывали водой на сите с ячейками диаметром 1 мм. Массу растительных остатков и урожайность пересчитывали, выражая в ц/га [9]. В почвенных образцах определяли: общий азот и гумус – по Тюрину, физико-химические показатели и биологическую активность (общая численность микроорганизмов, разложение льняного полотна) [10, 11], проводили математическую обработку [12], вычислили расчетным путем запас и баланс гумуса [13].

Обсуждение результатов. Использование почв в разных агроценозах изменяет их гумусное состояние [14] и свойства [15], вследствие этого изменяется баланс гумуса [16] и, в целом, плодородие [17].

При оценке экологической роли гумуса всегда подчеркивают его положительное значение в связи с образованием агрономически ценной структуры, которая в конечном итоге создает для растений благоприятные водно-воздушные свойства [3].

Агроэкологическая функция органического вещества в системе земледелия проявляется в стабилизации микробиологической активности почвы, которая определяет скорость и направленность биохимических процессов в трансформации стернекорневых остатков естественного травостоя и промежуточных культур. А.Г. Дояренко [18, 19] впервые изучил трансформацию органического вещества в чистом пару на территории Петровской с.-х. академии (РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева.). Ротамстедской опытной станции (Великобритания), которой более 160 лет, данный вариант был введен только в 1959 г. на луговом угодье с управляемым выпасом [20].

Главные продукты гумификации, от которых зависит формирование разных свойств почв и типов почвообразования, представлены фульвокислотами (ФК) и гуминовыми кислотами (ГК) [21, 22].

Исследованиями установлено, что при непрерывном возделывании ячменя на зерно (6 вариант) и пропашных культур (вариант 4) в орошаемых серо-бурых почвах изменение запасов гумуса из-за ускоренной минерализации растительных остатков располагали устойчивым трендом к его снижению (табл. 1).

Скорость распада органических веществ резко затормозились из-за потепления и сухости климата, особенно на варианте хозяйственного посева ячменя (6 вариант), где накопление органического вещества дошло нижнего предела, то есть до критического уровня. На этом варианте баланс гумуса составил – 0,70 т/га.

Повышение поступления органического вещества в виде стернекорневых остатков при круглогодичном использовании орошаемых почв (вариант 5) сократило потери органического вещества более чем в 2 раза, чем в варианте с люцерной и почти на 100%, чем в варианте с ячменем.

Таким образом, модификация направленности и скорости изменения органического вещества обуславливается формами и качеством поступающих органических веществ, их способностью менять состояние сферы обитания почвенных микроорганизмов и интенсивностью их реакции на данные модификации.

Таблица 1

Роль целинных и промежуточных кормовых культур в регулировании новообразования и баланса гумуса в слое 0-50 см почвы

Культура	Общий гумус, %	Запас гумуса, т/га	Минерализация гумуса, т/га	Новообразованный гумус, т/га	Баланс гумуса, т/га
Исходная почва (1998 г.)	1,55	89,90	-	-	-
I. Целина	1,51	98,96	0,26	0,27	+0,01
II. Рожь→Кукуруза За два урожая	1,50	90,70	1,90	1,71	- 0,19
III. Люцерна (4-ый год, за 4 укоса)	1,67	108,82	1,79	1,97	+ 0,18
IV. Кукуруза + соя + сорго + амарант	1,26	76,90	1,08	0,65	- 0,43
V. Рожь + вика + рапс→ Кукуруза+соя+сорго+амарант→ Ячмень + вика За три урожая	1,79	121,80	3,52	3,90	+ 0,38
VI. Ячмень на зерно (хоз. посев)	1,18	68,4	1,17	0,47	- 0,70

Различные виды посева промежуточных кормовых культур в различных сочетаниях, обуславливают не только величину урожайности возделываемых кормовых культур, но также массу стерне-корневых остатков культур, поступающих в почву после их уборки (табл. 2).

Бессменное возделывание ячменя (хоз.посев) и основного посева кукурузы с соей, сорго и амарантом оказывали отрицательного влияния на накопление растительных остатков, которое колебалось от 29,30 ц/га в варианте с ячменем (6 вариант) до 36,00 ц/га на делянках с посевом кукурузы с соей, сорго и амарантом.

Возделывание промежуточных культур (2 вариант) для получения двух урожаев в год с 1 га (Рожь→Кукуруза) увеличивало накопление растительных остатков на 58,81-65,51 т/га, чем в вышеперечисленных вариантах.

Оценка влияния растительных остатков поступающих в почву в зависимости от их качества и количества показало, что при получении трех урожаев в год с единицы площади (Рожь + вика + рапс→Кукуруза+соя+сорго+амарант→Ячмень + вика) приводит к существенному увеличению новообразованного гумуса, чем в остальных вариантах.

Это связано с наибольшим накоплением органического вещества в виде стерне-корневых остатков и низкой минерализацией органического вещества. Низкое новообразование гумуса в 4 и 6 вариантах связано с более малой урожайностью, а, следовательно, и повышением степени минерализации органического вещества.

В промежуточных посевах кормовых культур из-за разных биологических особенностей возделываемых культур в смеси (5 вариант) и технологий их возделывания скорость и направленность превращения органических остатков изменяются, и

вынос питательных веществ снижается, следовательно, содержание гумуса в изучаемом варианте повышается.

Таблица 2

Накопление растительных остатков, их химический состав и поступление питательных элементов с растительными остатками в серо-бурую почву (0–50 см слой почвы)

Варианты	Масса растительных остатков в сухом состоянии ц/га	Поступило в почву со стернекорневыми остатками, кг/га			
		C	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Исходная почва (1998 г.)					
I. Целина	13,05	522,0	13,18	4,96	13,57
II. Рожь→Кукуруза За два урожая	94,81	3224	108,1	44,6	95,8
III. Люцерна (4-ый год, за 4 укоса)	89,69	3229	180,3	72,7	165,9
IV. Кукуруза + соя + сорго + амарант	36,00				
V. Рожь + вика + рапс→ Кукуруза+соя+сорго+амарант→ Ячмень + вика За три урожая	185,44	6120	287,4	150,2	391,3
VI. Ячмень на зерно (хоз. посев)	29,30	1055	23,44	10,8	25,2

Выводы: Направленность и скорость разложения органического вещества определяется исходной степенью гумусированности почвы, структурой посевных площадей промежуточных культур.

Увеличение доли пропашных культур и введение в бессменных посевах зерновых культур резко усиливает степень минерализации гумуса, что вызывает необходимость проведения смешанных посевов кормовых культур, приводящих к проявлению гумусонакопительного эффекта и обеспечивающих бездефицитный баланс гумуса.

Список литературы:

1. Александрова Л.Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации //Л.:Наука. 1980. 227 с]
2. Пономарева В.В., Плотникова Т.А. Гумус и почвообразование. //Л.:Наука, 1980. - 222 с.
3. Вальков В.А. Почвенная экология сельскохозяйственных растений // М.: Агропромиздат. 1986. 208 с.
4. Рамазанова Ф.М., Мирза-заде Р.И., Бабаева Р.И. Интенсивность разложения целлюлозы под промежуточными посевами кормовых культур в орошаемой лугово-сероземной почве Ширванской степи //Azərbaycan Torpaqşünaslar Cəmiyyətinin əsərlər toplusu. (Görkəmli torpaqşünas alim, Əməkdar elm xadimi Akif Paşa oğlu Gərayzadənin 80 illik yubileyinə həsr olunur. Bakı –“Elm”. Cild – XV. – 2019. С.62-66.
5. Милащенко Н.З. Расширенное воспроизводство плодородия почв в интенсивном земледелии Нечерноземья. – М., 1993. – 864 с.
6. Длительному полевому опыту ТСХА 90 лет: итоги научных исследований / Под

- ред. А.Ф. Сафонова. – М.: Изд-во МСХА, 2002. 262 с.
7. Babaev M.P., Gurbanov E.A., and Ramazanova F.M. Main Types of Soil degradation in the Kura – Aras Lowland of Azerbaijan // *Eurasian Soil Science*, 2015, Vol.48, No. 4. – Pp.445–456.
 8. Бабаев М.П., Гурбанов Э.А., Рамазанова Ф.М. Основные виды деградации почв в Кура-Аразской низменности Азербайджана // *Почвоведение*, 2015. № 4. – С.501—512.
 9. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. М.: Изд-во. Подразделение операт. полигр. ВИК, 1987. – 197 с.
 10. Вальков В.Ф., Казеев К.Ш., Колесников С.И. Методология исследования биологической активности почв на примере Северного Кавказа// *Науч. мысль Кавказа*, Ростов-на-Дону. Изд. СКНЦВШ, 1999. № 1. – С. 32—37.;
 11. Кравченко В.А. Методические указания и справочный материал для составления курсового проекта (работы) по системе применения удобрений в севооборотах. Елец, 2007. – 40 с.
 12. Доспехов В.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) // М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
 13. Кротких Т.А., Михайлова Л.А. Воспроизводство и оптимизация плодородия почв при возделывании с.х. культур в севооборотах и выводных полях. Методическое пособие к практическим занятиям по системе удобрений. Перм. Изд-во ФГОУ ВПО «Пермская ГСХА», 2009. – 24 с.
 14. Безуглова О.С. Гумусное состояние почв Юга России // *Ростов-на-Дону. Изд-во СКНЦ ВШ*, 2001. – 2 28 с.
 15. Ковда В.А. Почвенный покров, его улучшение, использование и охрана. М.: Наука, 1981. – 182 с.
 16. Терпелец В.И., Плитинь Ю.С. Гумусное состояние чернозема выщелоченного в агроценозах Азово-Кубанской низменности // *Краснодар. КубГАУ*, 2015. – 127 с.
 17. Плитинь Ю.С. Гумусное состояние чернозема выщелоченного в агроценозах Азово-Кубанской низменности. Автореферат дис. ... канд. с.- х. наук. Краснодар, 2014. – 24 с.
 18. А.Г.Дояренко Движение русского землевладения в десятилетие 1877—1888 гг. — М.: Моск. с.-х. ин-т, 1899. — 42 с.
 19. Дояренко А. Г. Краткое руководство к постановке вегетационных опытов с примерными сметами их оборудования. — М., 1909. — 96 с.
 20. Матюк Н.С., Мазиров М.А., Гогмачадзе Г.Д., Кашеева Д.М. Экологические функции гумуса в оптимизации плодородия дерново-подзолистой почвы agroecoinfo.narod.ru/]
 21. Орлов Д.С. Гумусовые кислоты почв. М.: Наука.1974. 331 с.
 22. Гурбанов Э.А., Рамазанова Ф.М. Дунямалиева Н.Я., Газиева П.Ч. Изменение основных показателей плодородия почв при орошении сухих субтропических степей Азербайджанской Республики// *Агрохимия*. М.: Изд-во «Наука». -2018. -№ 11. – С.19-26.

HUMUS OF GRAY-BROWN SOILS OF THE SEMI-DESERT ZONE OF AZERBAIJAN AS AN ECOLOGICAL BASIS OF FERTILITY

F.M. Ramazanova

*The Institute of Soil Science and Agrochemistry, Azerbaijan National Academy of Science,
Baku, AZ 1073, Azerbaijan, e-mail: firoza.ramazanova@rambler.ru*

Abstract

The increase in the portion of tilled crops and the introduction of cereal crops in permanent sowings in Irragri Gray-Brown soils increase dramatically the degree of humus mineralization.

This necessitates carrying out mixed sowings of forage crops which lead to the humus accumulation effect and ensure the deficit-free balance of humus.

It is established that the soil-climatic conditions of the arid zone in the Absheron under irrigation Gray-Brown soils permit to get harvest of the green mass from a hectare in three years – 1250 c. and on layer of 0-50 cm soil accumulate 185,44 c. of dry mass of stubble – root residue [V. variant - *Secale* + *Vicia* + *Brassica napus* (on g/m, 1-harvest) → *Zea mays* + *Glycine* + *Sorghum* + *Amaranthus* (on silage, the 2-end harvest) → *Hordeum* + *Vicia* (on g/m, the 3 rd harvest)].

Moreover, 6120 kg of carbon, 287,4 kg of nitrogen, 150,2 kg of phosphorus, 391,3 kg of potassium entered the on layer of 0-50 cm soil of Irragri Gray-Brown with the stubble and root residues.

This contributed: activization of the biological action (on layer of 0-50 cm of Irragri Gray-Brown soils – a total number of microorganisms increased in 1 g of soil (WFU); from the vegetative remnants to the annual increase of newly forming of humus creation - accordingly 0.06-0.11%, under the V. version humus content (up to 1,79 %) and humus supply rose on layer of 0-50 cm soil (up to 121,80 t/h), reduced voluminal mass, a specific weight improved, rose total porosity and water – permeability.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ В АВАРИЙНОМ РЕЖИМЕ РАБОТЫ

Т.А. Рафальская

*Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет
(Сибстрин), г. Новосибирск, 630008, Россия, e-mail: rafalskaya.ta@yandex.ru*

При авариях на источнике теплоты или тепловых сетях применяется аварийный график отпуска теплоты, характеризующийся снижением температуры в подающей магистрали системы теплоснабжения. Например, в г. Новосибирске в аварийном режиме температура воды в теплосети не поднимается выше 85°C при любой температуре наружного воздуха. Снижение температуры воды в подающей магистрали ведёт к уменьшению количества теплоты, поступающей в систему отопления, что вызывает снижение температуры внутреннего воздуха помещений. Поэтому, важно правильно рассчитать время, в течение которого необходимо устранить аварию из условия минимального нарушения теплового комфорта потребителей и сохранности местных инженерных систем.

В последние десятилетия на источниках централизованного теплоснабжения в нашей стране стала применяться срезка температурного графика (т.е. недогрев сетевой воды в подающей магистрали) и при нормальной работе системы теплоснабжения. Это было вызвано повышением стоимости топлива, отсутствием средств на замену оборудования систем теплоснабжения, остановкой пиковых котельных [1-4]. Применение срезки температурного графика привело к сокращению области центрального качественного регулирования. Качественный способ регулирования – это изменение температуры теплоносителя в зависимости от изменения температуры наружного воздуха при постоянном расходе сетевой воды. Анализ тепловых схем ряда Российских городов, что качественное регулирование по температурному графику со срезкой составляет не более 30-63% (табл. 1) [5, 6].

Если принять расчетную температуру воды в подающей магистрали теплосети равной температуре срезки графика, то область качественного регулирования по температурному графику в этом случае будет больше и составит 49-76% (табл. 1) [6].

При низкотемпературном теплоснабжении увеличатся расчётные расходы сетевой воды, а также сдвинется точка излома температурного графика в область низких температур наружного воздуха. В высокотемпературном графике со срезкой диапазон качественного регулирования приходится на среднезимние температуры, когда нагрузка горячего водоснабжения в основном обеспечивается за счёт теплоты обратной сетевой воды, поэтому можно компенсировать снижение температуры воды в тепловых сетях увеличением расхода сетевой воды, не превышая при этом расчётного значения. В низкотемпературном графике диапазон качественного регулирования будет соответствовать более низким температурам наружного воздуха. Учитывая, что продолжительность стояния низких наружных температур для большинства городов значительно меньше, чем высоких, можно определить продолжительность качественного регулирования по времени стояния температур. Как показывают данные таблицы 2, для большинства городов продолжительность качественного регулирования не увеличилась, а уменьшилась и составила 22-61%. Таким образом, низкотемпературный график регулирования без верхней срезки помимо увеличения расходов сетевой воды, не обеспечит качественного регулирования тепловой нагрузки. Необходимо исследование переменных режимов системы теплоснабжения, чтобы определить возможность обеспечения оптимальной внутренней температуры воздуха помещений.

Продолжительность центрального качественного регулирования по температурным графикам

№ п/п	Город	Расчетный температурный график, °С	Верхняя срезка, °С	Температура холодной пятидневки, °С	Диапазон наружных температур при качественном регулировании, °С		Доля качественного регулирования по температурному графику, %	
					со срезкой	без срезки	со срезкой	без срезки
1	Вологда	130/70	115	-32	-3÷-24	-6÷-32	52,5	65,0
2	Екатеринбург	150/70	120	-32	0÷-20	-5÷-32	50,0	67,5
3	Ессентуки	115/70	95	-20	0÷-11	-6÷-20	39,3	50,0
4	Железнодорожск	130/70	115	-24	0÷-18	-2÷-24	56,3	68,8
5	Иваново	150/70	120	-30	1÷-18	-4÷-30	50,0	68,4
6	Казань	130/65	115	-31	-3÷-24	-6÷-31	53,8	64,1
7	Красноярск	150/70	130	-37	-1÷-28	-5÷-37	60,0	71,1
8	Курган	150/70	100	-36	-1÷-14	-13÷-36	29,5	52,3
9	Магнитогорск	150/70	110	-34	0÷-17	-9÷-34	40,5	59,5
10	Москва	150/70	130	-25	3÷-18	0÷-25	63,6	75,8
11	Нижний Новгород	150/70	110	-31	1÷-15	-7÷-31	35,9	61,5
12	Новосибирск	150/70	114	-37	-4÷-21	-12÷-37	37,8	55,6
13	Омск	150/70	116	-37	-1÷-22	-8÷-37	46,7	64,4
14	Орёл	110/70	95	-25	-4÷-17	-9÷-25	39,4	48,5
15	Пермь	150/70	135	-35	-1÷-28	-3÷-35	62,8	74,4
16	Ростов-на-Дону	150/70	115	-19	5÷-8	0÷-19	48,1	70,4
17	Самара	130/70	115	-30	-2÷-23	-5÷-30	55,3	65,8
18	Смоленск	150/70	115	-25	3÷-13	-3÷-25	48,5	66,7
19	Сургут	150/70	112	-43	-4÷-24	-13÷-43	39,2	58,8
20	Томск	150/70	125	-39	-2÷-27	-7÷-39	53,2	68,1
21	Тюмень	150/70	121	-35	-1÷-22	-6÷-35	48,8	67,4
22	Улан-Удэ	136/70	110	-35	-3÷-22	-9÷-35	44,2	60,5
23	Уфа	150/70	130	-33	0÷-25	-3÷-33	61,0	73,2

Исследования проводились по эксплуатационным данным о работе ТЭЦ г. Новосибирска (рис. 1) [6] при нормальном и аварийном режиме работы.

Расход теплоты, поступающей в систему отопления:

$$Q = (t_1 - t_n) Q_{\text{оmax}} \sqrt{\left[t_{\text{вр}} - t_{\text{но}} + \frac{0,5 + u}{1 + u} \frac{\delta t_o}{\phi_o} + \Delta t_o \left(\frac{Q_{\text{ор}}}{Q_o} \right)^{0,2} \left(\frac{t_{\text{вр}} - t_{\text{но}}}{t_{\text{вр}} - t_n} \right) \right]}, \quad (1)$$

где $t_{\text{вр}}$ – расчётная температура внутреннего воздуха, °С;

$t_{\text{но}}, t_n$ – расчётная и текущая температура наружного воздуха, °С;

$u = (t_1 - t_{o3}) / (t_{o3} - t_{o2})$ – коэффициент смешения системы отопления;

$t_o = t_1 - t_{o2}$ – расчётная разность температур сетевой воды, °С;

$\Delta t_o = (t_{o3} + t_{o2}) / 2 - t_{\text{вр}}$ – температурный напор при смешении воды в отопительном устройстве, °С;

ϕ_o – относительный расход воды в отопительной сети;

$Q_{\text{ор}}$ – требуемая тепловая мощность системы отопления при данной наружной температуре, Вт.

Текущая температура внутреннего воздуха $t_{\text{в}}^{\text{д}}$ за время z , ч, определялась по формуле:

$$t_B^д = t_H + \left[\frac{Q_o}{Q_{op}} + \left(\frac{t_B - t_H}{t_B^{TP} - t_{HO}} \right) \cdot e^{-\frac{z}{\beta}} \right] \cdot (t_B^{TP} - t_{HO}), \quad (2)$$

где Q_{op} – расчетное количество теплоты, требуемое для системы отопления при данной наружной температуре, Вт;

t_B – текущая температура внутреннего воздуха, °С;

t_H – текущая температура наружного воздуха, °С;

t_B^{TP} – расчетная температура внутреннего воздуха, задаваемая 18°С по графику тепловых сетей;

β – коэффициент тепловой аккумуляции помещений, ч.

Таблица 2

Продолжительность центрального качественного регулирования по продолжительности стояния наружных температур

№ п/п	Город	Продолжительность отопительного периода		Продолжительность качественного регулирования, ч, для графиков		Доля качественного регулирования по продолжительности стояния температур, %, для графиков	
		сут.	ч	со срезкой	без срезки	со срезкой	без срезки
1	Вологда	228	5472	3832	2765	70,0	50,5
2	Екатеринбург	221	5304	3465	2957	65,3	55,8
3	Ессентуки	178	4272	1905	635	44,6	14,9
4	Железнодорожск	198	4752	2798	2484	58,9	52,3
5	Иваново	219	5256	3040	2246	57,8	42,7
6	Казань	208	4992	2767	2292	55,4	45,9
7	Красноярск	250	6000	3483	3055	58,1	50,9
8	Курган	212	5088	2174	1844	42,7	36,2
9	Магнитогорск	218	5232	3139	2683	60,0	51,3
10	Москва	223	5352	3465	2927	64,7	54,7
11	Нижний Новгород	215	5160	3738	1938	72,4	37,5
12	Новосибирск	221	5304	2631	1897	49,6	35,8
13	Омск	216	5184	3068	2787	59,2	53,8
14	Орёл	199	4776	1713	1039	35,9	21,8
15	Пермь	225	5400	3510	3269	65,0	60,5
16	Ростов-на-Дону	166	3984	2751	2298	69,1	57,7
17	Самара	203	4872	2711	2330	55,6	47,8
18	Смоленск	209	5016	3256	2226	64,9	44,4
19	Сургут	274	6576	2792	2359	42,5	35,9
20	Томск	233	5592	3449	2971	61,7	53,1
21	Тюмень	223	5352	3158	2793	59,0	52,2
22	Улан-Удэ	230	5520	2518	3110	45,6	56,3
23	Уфа	209	5016	3473	3050	69,2	60,8

Наружная температура показана на рис. 2. Внутренняя температура – на рис. 3.

Применение срезки может вызвать снижение внутренней температуры до 17,5°С при комфортной температуре 21-23°С.

В случае аварии на теплосети, снижение температуры внутреннего воздуха будет зависеть от величины коэффициента тепловой аккумуляции помещений β и соотношения тепловых потоков на горячее водоснабжение и отопление ρ .

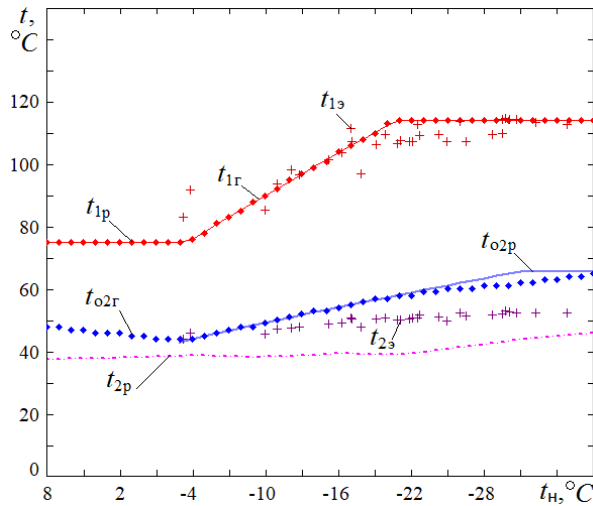


Рис. 1. Температурный график ТЭЦ г. Новосибирска

t_{1p} – в подающей магистрали теплосети; $t_{1г}$ – по графику ТЭЦ; $t_{1э}$ – эксплуатационная температура в подающей магистрали; $t_{о2р}$ – в обратной магистрали системы отопления; $t_{о2г}$ – в обратной магистрали по графику ТЭЦ; $t_{2п}$ – в обратной магистрали теплосети; $t_{2э}$ – эксплуатационная обратная температура

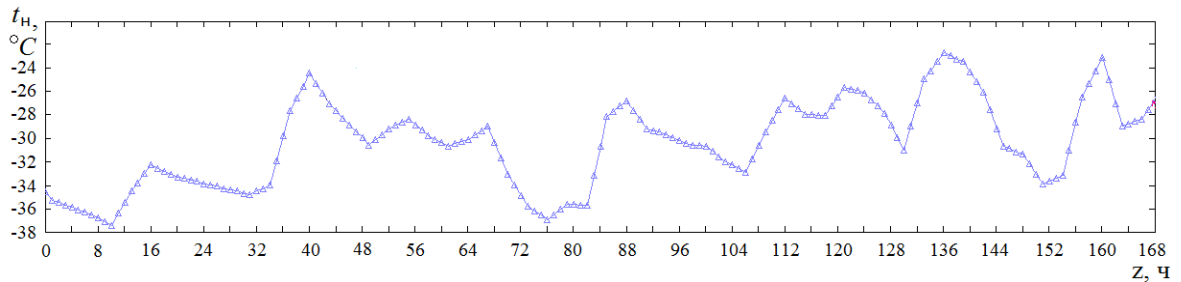


Рис. 2. Температура наружного воздуха 21-27 января 2018 г.

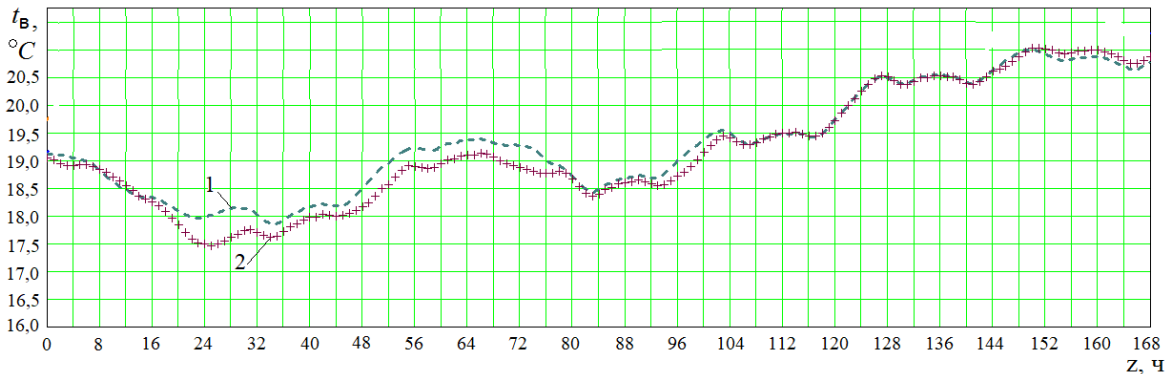


Рис. 3. Температура внутреннего воздуха 21-27 января 2018 г.
1 – расчет по графику ТЭЦ; 2 – по эксплуатационным данным

Внутренняя температура опустится до точки росы внутренней поверхности стен t_p за 9-11 ч при лёгких и за 26-35 ч при теплоустойчивых конструкциях стен.

Можно сделать вывод, что при одинаковом термическом сопротивлении, предпочтение следует отдавать конструкциям, обладающим хорошей теплоустойчивостью, что позволит обеспечить комфортные условия в помещениях и увеличит допустимое время работы отопления в аварийном режиме.

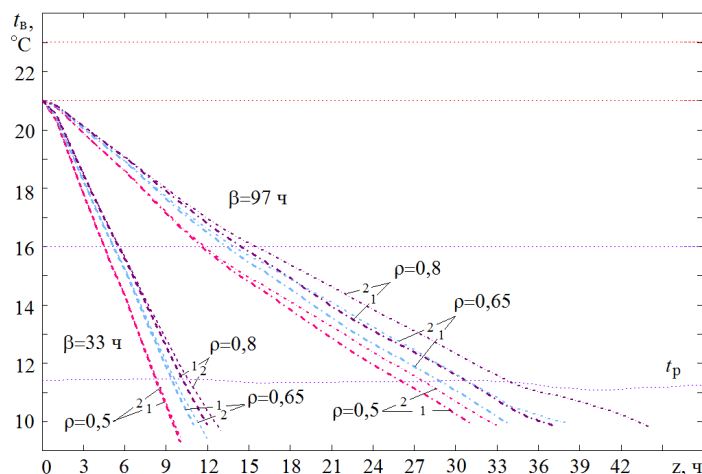


Рис. 4. Температура внутреннего воздуха 21-22 января 2018 г. в аварийном режиме
1 – без отключения горячего водоснабжения; 2 – при отключении горячего водоснабжения

Список литературы:

1. Спиринов А.В. Снижение надежности систем централизованного теплоснабжения при несоблюдении температурного графика / А.В. Спиринов, Э.М. Малая // Вестник Саратовского государственного технического университета, 2010. – № 1(45). – Том 2. – С. 199-203.
2. Петрущенко В.А. Обоснование пониженного температурного графика регулирования централизованных систем теплоснабжения / В.А. Петрущенко // Новости теплоснабжения, 2015. – № 8. – С. 30-37.
3. Куликов А.И. Проблемы эксплуатации зданий при систематических нарушениях теплоснабжения (недотопах) / А.И. Куликов // Материалы Второй Российской научно-технической конференции «Энергосбережение в городском хозяйстве». – Ульяновск: УлГТУ, 2000. – С. 49-51.
4. Панферов В.И. Возможности применения низкотемпературных систем теплоснабжения / В.И. Панферов, О.Ф. Гавей, С.А. Голяк, А.М. Уливанов // Сантехника, отопление, кондиционирование, 2014. – № 3(123). – С. 34-35.
5. Рафальская Т.А. Сравнительный анализ центрального регулирования отпуска теплоты в России и за рубежом / Т.А. Рафальская, А.О. Рагинская // Труды НГАСУ. – Новосибирск: НГАСУ (Сибстрин), 2018. – Т. 21. – № 1(67). – С. 138-154.
6. Рафальская Т.А. Центральное регулирование без верхней срезки: возможности и перспективы / Т.А. Рафальская Т.А., Т.Л. Рохлецова, С.М. Тюсов // Известия вузов. Строительство, 2018. – № 5. – С. 91-104.

ENERGY SAFETY OF HEAT SUPPLY SYSTEMS IN EMERGENCY OPERATION

T.A. Rafalskaya

*Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin)
Novosibirsk, 630008 Russia, e-mail: rafalskaya.ta@yandex.ru*

Abstract

The study of thermal stability of external fences during cutting temperature schedule and accidents in the heat supply system showed that preference should be given to structures with good thermal stability, which will ensure comfortable conditions and increase the permissible time of heating in emergency mode.

МОДЕРНИЗАЦИЯ СЕКТОРА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН С ВНЕДРЕНИЕМ СОЛНЕЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Э.Ю. Рахимов, А.У. Вохидов, А.Э. Хаитмухамедов

*Физико-технический институт НПО «Физика-Солнце» АН РУз, д. 2б, ул. Чингиза
Айтматова, Ташкент, 100084, Республика Узбекистан,
e-mail: eyurakhimov@gmail.com*

В настоящее время во многих развитых странах мира ведётся поиск и активное использование новых и перспективных альтернативных источников энергии (АИЭ) в качестве жизненно важных, стратегически необходимых ресурсов, обеспечивающих перспективное развитие отраслей экономики этих стран.

По прогнозам доля возобновляемой энергетики (солнечной, ветряной, приливной, геотермальной и т.п.) в мировом энергопотреблении будет ежегодно возрастать быстрыми темпами и к 2030 г. составит 30%, к 2050 г. – 50%. Однако, несмотря на многообещающие прогнозы и результаты, возобновляемые источники энергии (ВИЭ) пока еще не вышли на уровень оптимального соответствия.

Одним из наиболее распространённых и применяемых в качестве замены к традиционным топливно-энергетическим ресурсам и отличающаяся экологичностью и доступностью является энергия солнечного излучения.

Преобразование солнечной энергии (СЭ) в низкопотенциальное тепло с помощью плоских солнечных коллекторов (ПСК) для нагрева воды и использование последнего в качестве источника в системах горячего водоснабжения (СГВС) жилых, коммунально-бытовых и социальных объектов, являющихся основными потребителями тепла такого же температурного потенциала, является одним из главных путей широкомасштабного использования СЭ в отраслях экономики Республики.

По предварительным расчётам, в малоэтажных жилых домах, на долю которых приходится 76% жилого фонда, из общего расхода природного газа (15100 млн. м³) только для нужд ГВС расходуется около 3000 млн. м³.

Основным элементом систем тепло- и горячего водоснабжения является солнечный водонагревательный коллектор (СВК), воспринимающий и преобразующий энергию солнечного излучения в низкопотенциальное тепло, которое затем передаётся нагреваемой среде (воде), циркулируемой в теплоотводящих каналах его лучепоглощающей тепловой панели.

Отметим, что масштабы производства и использования ПСВК для получения низкопотенциального тепла в мире постоянно растут [1-7]. Установленная тепловая мощность плоских солнечных водонагревательных коллекторов (ПСВК) с 2000 г. по 2017 г. росла от 62,0 ГВт (88,6 млн.м²) до 472 ГВт (675 млн.м²) с ежегодным ростом объёма использования 12,68%. Коэффициент ежегодной выработки солнечной тепловой энергии составил 51 ТВт·ч в 2000 году и 388 ТВт·ч в 2017 году [9-11].

Сегодня более 72% тепловой энергии в Республике вырабатывается на котельных (4234 Гкал/ч) и тепловых электрических станциях (19290 Гкал/ч) для потребления в быту и производстве, что наносит невозвратимый ущерб окружающей среде. Основным топливом, сжигаемым на ТЭЦ и котельных, является природный газ. В крупных котельных природный газ составляет практически 100 % от потребляемого топлива [12].

В Республике, как и в большинстве стран СНГ, на сегодняшний день функционирует открытая система отопления и горячего водоснабжения, которая приводит к громадным потерям тепловой энергии из-за несовершенства системы, а также отсутствия возможности саморегулирования параметров теплоснабжения.

Учитывая вышеуказанные проблемы в системе теплоснабжения [13] были намечены ряд задач, при реализации которых ожидаются следующие результаты:

- реконструкция котельных, включая перевод части котельных в режим когенерации, которая позволит сэкономить – 199,4 млн. м³ природного газа и – 1,6 млрд. кВт·ч электроэнергии. При этом, требуется реконструкция 2360 котельных с общей мощностью 13,5 тыс. Гкал/ч, ввод эффективных блочных водоподготовительных установок в 2968 котельных, и перевод 405 котельных с тепловой мощностью более 20 Гкал/ч в режим когенерации;

- в результате децентрализации и перехода на закрытую систему теплоснабжения есть возможность сэкономить до 1,35 млн т.н.э. энергоресурсов, включая природный газ – 1,61 млрд кубометров, электроэнергию – 604,6 млн. кВт·ч, при этом, перевод части многоэтажных домов на закрытую систему теплоснабжения, а также переход к локальным котельным равен 298,06 тыс. т.н.э. Общая тепловая мощность источников снизится на 34,4%, причем в случае котельных за счёт вывода неэффективных малых котельных – на 52%;

- внедрение в эксплуатацию солнечных водонагревательных коллекторов (СВК) в систему теплоснабжения приведёт к сокращению потребления природного газа на 50% и более.

По данной программе поэтапная модернизация систем теплоснабжения позволит ежегодно сэкономить более 1 млрд. м³ природного газа и 400 млн. кВт·ч электроэнергии. Для широкомасштабного внедрения и использования СЭ в отраслях экономики были предприняты конкретные шаги, в которых значительное внимание уделяется переходу на энерго- и ресурсосберегающие высокоэффективные технологии и технологии на основе ВИЭ, в частности использованию СВК в системах теплоснабжения [14-16].

В свете данной модернизации и перевооружения 8 ноября 2017 года постановлением Президента Республики Узбекистан №ПП-3379 от 08.11.2017 г. «О мерах по обеспечению рационального использования энергоресурсов» установлено, что с 1 января 2022 года государственные органы и организации в зданиях и сооружениях, находящихся на их балансе, обязаны использовать исключительно сертифицированные солнечные водонагревательные установки для горячего водоснабжения. Согласно постановлению главы государства, использование энергосберегающих технологий становится обязательным.

На сегодняшний день в республике существует ряд коммерческих компаний, которые занимаются установкой под ключ солнечных СГВС на основе СВК. Также следует отметить, что налажено производство СВК с медными, алюминиевыми патрубками, а также для повышения эффективности поглощения СЭ, лучепоглощающую теплообменную панель покрывают специальным селективным покрытием.

Необходимо отметить что, в 2017 году в Республике компанией «Artel» запущено серийное производство с объемом 150000 м²/год высокоэффективных ПСВК марки «ROYAL» с медной лучепоглощающей теплообменной панелью с селективным покрытием [19].

По результатам проведенных экспериментальных и расчетных исследований по теплопроизводительности рассматриваемых коллекторов было выявлено, что данные коллектора удовлетворяют требованию систем теплоснабжения Республики Узбекистан [20].

Экспериментальное исследование, проведённое в гелиополигоне ФТИ АН РУз (2016-2017 гг.) ПСК ROYAL разных марок (установленных под углом 40° к горизонту в южном направлениях, рис.1.) в холодный и теплый период года, показало, что КПД ПСК варьировалось в диапазоне 60-64%.

Однако расчетные исследования показали, что оптимальный угол наклона ПСК к горизонту равен 30° для г. Ташкента [21] и ниже приведены расчётные анализы для данного угла наклона.

Проведенные расчетные эксперименты для г. Ташкента показывают, что число ясных дней в году составляет более 300 (условно по статье) дней и значение суммы среднемесячного и среднедневного поступления ГТІ (глобального суммарного излучения) на поверхность 1 м^2 ПСК, установленного с углом наклона $\alpha = 30^\circ$, приведен на таблице 1 [22, 23].



Рис. 1. Натурные эксперименты в гелиополигоне ФТИ АН РУз (2016-2017 гг.).

Таблица 1

Значения суммарного среднемесячного и среднедневного поступления ГТІ на поверхность 1 м^2 ПСК, установленного с углом наклона $\alpha = 30^\circ$

	Месяц												Сумма за год, кВт*ч
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Среднее за месяц (кВт*ч)	83.6	115.7	127.8	169.6	206.2	221.3	234.4	227.3	193.8	142.3	93.4	82.9	1898
Среднее за день (кВт*ч)	2.7	3.86	4.12	5.65	6.65	7.38	7.56	7.58	6.46	4.59	3.1	2.7	

В таблице 2 показаны расчетные результаты по определению получаемых объемов воды с температурой 37, 45 и 55 °С от ПСК ROYAL марки ASC 1808 в средне-солнечные дни месяца (КПД=0,63; площади абсорбера $1,59 \text{ м}^2$; ориентированного в южном направлении и наклонённого под углом $\alpha = 30^\circ$ к плоскости горизонта для условий г. Ташкента).

Обобщая опыт эксперимента ПСК ROYAL разной марки, видно, что от 1 м^2 поверхностного ПСК ориентированного на южное направление и наклоненного под углом $\alpha = 30^\circ$ к плоскости горизонта для условий г. Ташкента, можно получить до 32 м^3 горячей воды с температурой 37 °С, или до 26 м^3 горячей воды с температурой 45 °С, и до 21 м^3 горячей воды с температурой 55 °С.

При автономном использовании ПСК ROYAL в течении года, их средняя удельная теплопроизводительность составляет $4120,2 \frac{\text{МДж}}{\text{м}^2 \cdot \text{год}}$. При этом, удельная экономия природного газа и Ангреноского угля составляет $147,15 \frac{\text{Нм}^3}{\text{м}^2 \cdot \text{год}}$ и $366 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2 \cdot \text{год}}$, соответственно. Уменьшение выбросов CO_2 в течение года при сжигании природного газа

составляет $201 \frac{\text{кг CO}_2}{\text{м}^2 \cdot \text{год}}$ и Ангренского угля (в зависимости от процентного содержания углерода в составе угля) от 1266 до $1936 \frac{\text{кг CO}_2}{\text{м}^2 \cdot \text{год}}$ соответственно.

Таблица 2

Расчетные результаты по определению получаемых объемов воды с температурой 37, 45 и 55 °С от ПСК ROYAL марки ASC 1808

Месяцы и $t_{\text{вх}}$ Темпе- ратура	I (5°C)	II (8°C)	III (10°C)	IV (15°C)	V (18°C)	VI (20°C)	VII (20°C)	VIII (20°C)	IX (18°C)	X (15°C)	XI (10°C)	XII (8°C)
37 °С	72	103	111	152	178	198	203	203	173	123	84	72
45 °С	58	83	88	121	143	158	162	163	139	99	67	57
55 °С	46	66	71	97	114	127	130	130	111	79	53	46

При производстве и установке $300\,000 \text{ м}^2$ СВК за год в системах теплоснабжения РУз, возможная экономия природного газа в течении года составляет $44,14 \frac{\text{МНм}^3}{\text{м}^2 \cdot \text{год}}$, а уменьшение выбросов CO_2 при сжигании природного газа в течение года составляет $60300 \frac{\text{т CO}_2}{\text{м}^2 \cdot \text{год}}$.

В свете реализации пункта 35 раздела 5 Дорожной карты, включенного в Указ Президента Республики Узбекистан «Об утверждении Стратегии инновационного развития Республики Узбекистан на 2019 – 2021 годы» УП-5544 от 21.09.2018 года, намечено увеличение доли производства энергии с использованием ВИЭ и АИЭ более 20% к 2025 году. Для достижения поставленной цели, Узбекистан располагает необходимым техническим потенциалом СЭ, а также высококвалифицированными кадрами, инфраструктурой и инвесторами.

Работа выполнена в рамках государственной программы по молодежному научно-прикладному проекту ЁФА-Атех-2018-144 Физико-технического института НПО «Физика-Солнце» Академии наук Республики Узбекистан.

Список литературы:

1. Solar Heat Worldwide: Solar Heating and Cooling Programme. International Energy Agency, 2018 Edition., -94 p.
2. Ruchi Shukla, K. Sumathy, Phillip Erickson, Jiawei Gong. Recent advances in the solar water heating systems: A review// Renewable and Sustainable Energy Reviews 19 (2013) 173–190.
3. Ahmad Fudholi, Kamaruzzaman Sopian at all. Performance analysis of photovoltaic thermal (PVT) water collectors// Energy Conversion and Management 78 (2014) 641–651.
4. Branker, K., Pathak, M.J.M., Pearce, J.M. A review of solar photovoltaic levelized cost of electricity// Renewable and Sustainable Energy Reviews 15, 2011, 4470–4482.
5. RENA: Renewable Energy and Jobs: Annual Review 2015.
6. Zhiyong Zhou, Liming Wang, Chunxia Li and Alan Ebert. Performance Analysis of a Collective Solar Domestic Water-Heating System in the Temperate Zone of Yunnan Province, China// Journal of Engineering Science and Technology Review 9 (3) (2016) 60 – 65.
7. Mohamed Amine, Zainineab Taoufik Mezni and at all. Energetic performance and economic analysis of a solar water heating system for different flow rates values: A case study// Solar Energy, Volume 147, 1 May 2017, Pages 164-180.

8. Ambra Dreos, Karl Börjesson and at all. Exploring the potential of a hybrid device combining solar water heating and molecular solar thermal energy storage// *Energy Environ. Sci.*, 2017, 10, 728-734.
9. Fine J.P., Friedman J., Dworkin S.B. Detailed modeling of a novel photovoltaic thermal cascade heat pump domestic water heating system// *Renewable Energy Volume 101*, February 2017, Pages 500-513.
10. Gholamreza Ahmadi, Davood Toghraie, Omid AliAkbari Solar parallel feed water heating repowering of a steam power plant: A case study in Iran// *Renewable and Sustainable Energy Reviews Volume 77*, September 2017, Pages 474-485.
11. Sheng Xue H. Experimental investigation of a domestic solar water heater with solar collector coupled phase-change energy storage// *Renewable Energy*, Volume 86, February 2016, Pages 257-261.
12. Электронный источник: www.uzbekenergo.uz
13. Концепция реформирования системы теплоснабжения Республики Узбекистан на 2010-2020 гг. – 2009 г.
14. Постановление Президента №ПП-2343 «О программе мер по сокращению энергоемкости, внедрению энергосберегающих технологий в отраслях экономики и социальной сфере на 2015-2019 годы» от 05.05.2015 г.
15. Постановление президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017 года № УП-4947. О дальнейшем развитии возобновляемой энергетики, повышении энергоэффективности в отраслях экономики и социальной сфере на период 2017-2021 годов.
16. Постановление Президента Республики Узбекистан №ПП-3379 «О мерах по обеспечению рационального использования энергоресурсов» от 08.11.2017 г.
17. Электронный источник: www.solarmir.uz
18. Электронный источник: www.yasen-group.uz
19. Электронный источник: www.artel.uz
20. КМК 2.04.16-96 Установка солнечного горячего водоснабжения, Ташкент, 1996 г. – 34 стр.
21. Avezova N. R., Rakhimov E. Yu., and Izzatillaev Zh. O. Evaluation of Technical Capacity and Determination of Performance of Flat-Plate Solar Power Plants in Various Regions of the Republic of Uzbekistan//*Applied Solar Energy*, 2018, Vol. 54, No. 4, pp. 273–278.
22. Rakhimov E. Yu., Sadullaeva Sh. E. and et al. Analysis of the Solar Energy Potential of the Republic of Uzbekistan // *Applied Solar Energy*, 2017, Vol. 53, No. 4, pp. 344–346.
23. Avezova N.R., Rakhimov E.Yu. Orientation of Heated Premise in the Design of Insolation Passive Heating Systems// *Applied Solar Energy*, 2017, Vol. 53, No. 4, pp. 338–343.

THE HEAT SUPPLY SECTOR MODERNIZATION OF THE REPUBLIC OF UZBEKISTAN WITH SOLAR TECHNOLOGIES IMPLEMENTATION

E.Yu. Rakhimov, A.U. Vokhidov, A.E. Khaitmukhamedov

*Physical-Technical Institute of SPA “Physics-Sun” Uzbek Academy of Sciences,
Tashkent, 100084, Uzbekistan, e-mail: eyurakhimov@gmail.com*

Abstract

This paper describes ways to stimulate large-scale investments in the capital reconstruction and modernization of heat supply systems in the Republic of Uzbekistan in order to increase energy efficiency, reduce the volume of primary fuel and energy resources for their needs, with implementation of solar water-heating collectors (SWHCs).

УДК 697.34:697.329

ПЕРЕРАБОТАННЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ НОРМЫ И ПРАВИЛА «УСТАНОВКИ СОЛНЕЧНОГО ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ»

Ю.К. Рашидов

*Ташкентский архитектурно-строительный институт,
г. Ташкент, 100011, Республика Узбекистан, e-mail: rashidov_yus@mail.ru*

В настоящее время в Узбекистане проектирование установок солнечного горячего водоснабжения (УСГВ) для различных потребителей ведётся в соответствии с требованиями республиканских строительных норм и правил КМК 2.04.16-96 [1]. Они были разработаны взамен Ведомственным строительным нормам ВСН 52-86 [2], которые содержали нормативные положения, выработанные на базе многолетних научно-исследовательских работ, выполненных в институтах «Госгражданстроя» СССР: КиевЗНИИЭП, ТашЗНИИЭП, ТбилЗНИИЭП и ЦНИИЭП инженерного оборудования.

КМК 2.04.16-96 по сравнению с ВСН 52-86 учитывали климатические и региональные особенности республики, а также отражали десятилетний опыт разработки, проектирования и внедрения УСГВ, накопленного в Узбекистане [3]. Например, если ВСН 52-86 предусматривали использование в УСГВ солнечных коллекторов (СК) с одинарным или двойным остеклением, то в климатических условиях Узбекистана в сезонных установках, возможно, их эффективное применение без остекления, что нашло своё отражения в КМК 2.04.16-96 [1] и т.д.

С момента введения в действие КМК 2.04.16-96 прошло более двадцати лет. За указанный период использования норм по повышению энергоэффективности установок солнечного горячего водоснабжения накоплен определенный опыт проектирования, строительства и внедрения, показавший как положительные стороны введенных норм, так и недостаточный учет факторов различного характера. Положения документа существенно устарели и не отвечают современным требованиям, обеспечивающим широкомасштабное внедрение установок солнечного горячего водоснабжения в республике. В связи с этим они сдерживают дальнейшее развитие использования солнечной энергии в строительстве и, в особенности, в сельском жилье.

Основной причиной сложившегося положения является то, что за последние годы расширился парк гелиотехническое оборудования, апробированы на практике новые схемные решения, режимные параметры и методы расчёта установок солнечного горячего водоснабжения, позволяющие существенно повысить их энергетическую эффективность и технико-экономические показатели.

Цель работы – создание переработанного республиканского нормативного документа «Установки солнечного горячего водоснабжения», отвечающего современным требованиям и обеспечивающего повышение энергоэффективности проектируемых установок солнечного горячего водоснабжения на 30 %.

Работа выполнялась в соответствии с планом пересмотра действующих нормативных документов по строительству и архитектуре и техническим заданием ПРО-ОН, утверждённым Министерством строительства Республики Узбекистан 23 октября 2018 г.

Основные задачи работы:

– анализ общепризнанных результатов законченных научно-исследовательских, опытно-конструкторских и экспериментальных работ, изучение и обобщение отечественного и зарубежного опыта проектирования, строительства и эксплуатации установок солнечного горячего водоснабжения различного назначения. В соответствии с Техническим заданием выявление и отбор передовых технических достиже-

ний и научных исследований разных стран в области энергосбережения и эффективного использования солнечной энергии, сокращения объёмов тепловых и газовых выбросов в атмосферу;

– переработка нормативного документа в соответствии с современными требованиями;

– исключение устаревших требований;

– дополнение нормативного документа требованиями, учитывающими современный уровень научно-технических достижений, проектно-строительной практики и региональных особенностей Республики Узбекистан.

При переработке нормативного документа за основу принята большая часть требований, содержащихся в КМК 2.04.16-96. При этом, был взят курс на расширение требований в допустимые и рекомендуемые, исключение излишней детализации и регламентации технических решений, ограничение обязательных требований только необходимыми для защиты интересов потребителей и обеспечения безопасности здоровья граждан, охраны окружающей среды, надёжности работы инженерных систем и гелиотехнического оборудования.

Для повышения энергетической эффективности установок солнечного горячего водоснабжения на 30 % в КМК 2.04.16-96 были внесены следующие основные изменения:

Пункт 1.1 для расширения парка используемых солнечных коллекторов, дополнен требованием, позволяющим применение современных высокоэффективных «трубчатых» солнечных коллекторов, которые широко применяются в настоящее время в мировой практике [4, 5].

Пункт 1.4 дополнен абзацами, в которых приведены названия новых методик расчёта саморегулирующихся активных элементов [6].

Пункт 2.1 изложен в новой редакции для включения новых требований по применению сертифицированных плоских проточных солнечных коллекторов с одинарным или двойным остеклением, а также сертифицированных трубчатых двухслойных вакуумированных солнечных коллекторов с прямой теплопередачей воде, с U-образными трубами или с термотрубками (тепловыми трубами) и пластиковых солнечных коллекторов [4, 5].

Пункт 2.4 расширен применением теплообменников «пластинчатого» типа, что позволяет повысить эффективность теплообмена при передаче теплоты из одного контура в другой в установках солнечного горячего водоснабжения, благодаря их высоким теплотехническим свойствам.

В дополнительном пункте 2.5 изложены требования по применению в установках солнечного горячего водоснабжения водяных тепловых аккумуляторов с вертикальной и горизонтальной температурной стратификацией воды. Для обеспечения устойчивой температурной стратификации воды в аккумуляторах нормируется применение саморегулирующихся активных элементов в виде перфорированных труб, рассчитанных на селективную раздачу и отбор воды из соответствующих температурных слоев в зависимости от её температуры, что согласно зарубежному опыту позволяет до 20% повысить тепловую эффективность установок и повысить их эксплуатационную готовность [7, 8].

В установках солнечного горячего водоснабжения с площадью солнечных коллекторов до 20 м² рекомендуется применять готовые стандартные бойлеры, оснащенные перфорированными трубами для селективной раздачи и отбора воды.

В установках солнечного горячего водоснабжения с площадью солнечных коллекторов более 20 м² геометрические и гидродинамические характеристики перфорированных труб для селективной раздачи и отбора воды из теплового аккумулятора рекомендуется определять расчётом.

Методика расчёта геометрических и гидродинамических характеристик саморе-

гулирующихся активных элементов в виде перфорированных труб, рассчитанных на селективную раздачу и отбор воды из соответствующих температурных слоев для водяных тепловых аккумуляторов [7, 8], приведена в приложении нормативного документа.

Приложения нормативного документа содержат также самодренируемые схемы с активным элементом в виде сужающего устройства, включение которого в гелиоконтур обеспечивает за счёт исключения разрыва струи экономию электроэнергии на циркуляцию теплоносителя до 65-80%.

В дополнительном пункте 2.6. изложены требования, повышающие экономичность и надёжность работы установок солнечного горячего водоснабжения путём применения автоматизации, основанной на простейших возможных решениях и схемах, а также на активных элементах для саморегулирования температуры нагрева воды и минимальном числе приборов автоматизации.

В пункте 3.1 внесены изменения с целью нормирования применения различных типов плоских и трубчатых солнечных коллекторов в соответствующих типах зданий и сооружений, что ранее отсутствовало в исходном нормативном документе.

Расчёт установок солнечного горячего водоснабжения рекомендуется производить в зависимости от типа установок (автономные или с дублёром), периода работы в течение года (сезонные или круглогодичные), способа циркуляции теплоносителя в теплоприёмном контуре (естественная или насосная), типа солнечных коллекторов и способа их защиты от замораживания и перегрева в режиме стагнации. Это позволяет существенно упростить общую процедуру расчёта путём её разделения на более простые по допустимой степени сложности в зависимости от типа проектируемой установок.

Расчёт сезонных установок солнечного горячего водоснабжения рекомендуется производить по упрощённой методике с применением графиков и номограмм, а круглогодичного действия – в два этапа: предварительным, в котором в расчётах принимаются базовые характеристики солнечного коллектора и аккумулятора теплоты, и окончательным расчётом, уточняющим тепловой расчёт установки с учётом действительных характеристик солнечного коллектора и аккумулятора теплоты.

Такой подход объясняется тем, что в сезонных установках, работающих в летний период года при относительной высокой среднедневной интенсивности солнечной радиации и высоких температурах окружающего воздуха, на тепловую производительность и КПД солнечных коллекторов малое влияние оказывают их конструктивные особенности и схемные решения установок, так как они близки к своим предельным значениям.

В установках круглогодичного действия выполнение расчётов в два этапа, позволяет существенно упростить общую процедуру расчёта за счёт распространения результатов вычислений для базовой установки, для которой построены графики и номограммы, на проектируемую установку с введением соответствующих поправочных коэффициентов.

Расчёт установок солнечного горячего водоснабжения с помощью компьютерного моделирования рекомендуется производить для установок повышенной мощности с площадью солнечных коллекторов более 30 м² при соответствующем обосновании целесообразности применения таких расчётов.

В объём нормативного документа включены два дополнительных приложения: «Расчёт геометрических и гидродинамических характеристик саморегулирующегося активного элемента в виде сужающего устройства», «Расчёт геометрических и гидродинамических характеристик саморегулирующегося активного элемента в виде перфорированной трубы для водяных тепловых аккумуляторов».

После рассылки на отзыв и обсуждений в ведущих организациях республики, занимающихся разработкой, проектированием и внедрением УСГВ, нормативный

документ был утверждён приказом № 311 от 12.12.18 г. Министерства строительства Республики Узбекистан, и ему был присвоен номер КМК 2.04.16-96* «Установки солнечного горячего водоснабжения», срок введения в действие – 2 января 2019 года.

Эта работа была выполнена при поддержке Министерства по инновационным технологиям Республики Узбекистан в рамках фундаментального гранта БВ-М-ФЗ-003 и прикладного гранта ФА-Атех-2018-421.

Список литературы:

1. Рашидов Ю.К. КМК «Установки солнечного горячего водоснабжения»/ Ю.К. Рашидов // Гелиотехника. - 1998.- №6. С.92-94.
2. ВСН 52-86. Установки солнечного горячего водоснабжения. Нормы проектирования. М.: Стройиздат, 1988.- 16 с.
3. Рашидов Ю.К. Практика проектирования и эксплуатации систем солнечного теплоснабжения в Узбекистане/ Ю.К. Рашидов, Р.А. Захидов, У.А. Таджиев // Гелиотехника. - 1994. - № 5. С.43...50.
4. Weiss W., Spörk - Dür M., Mautnier F. Solar Heat Worldwide. Global Market Development and Trends in 2017. Detailed Market Figures 2016. 2018 edition. Электронный ресурс: <http://www.iea-shc.org/data/sites/1/publications/Solar-Heat-Worldwide-2018.pdf>.
5. Фрид С.Е. Современные солнечные коллекторы: типичные параметры и тенденции их изменения/ С.Е. Фрид, Н.В. Лисицкая// Гелиотехника. – 2018. – №2. – С.27-37.
6. Rashidov Yu.K. Calculating the Hydrodynamic Characteristics of the Active Section of the Self-Draining Solar Loop of a Heating System/ Applied Solar Energy, 2018, Vol. 54, No. 2, pp. 95–98.
7. Рашидов Ю.К. Расчёт саморегулирующегося активного элемента стратификационного аккумулятора теплоты системы солнечного теплоснабжения/ Ю.К. Рашидов, А.У.Вохидов// Гелиотехника. – 2016. – №2. – С.16-23.
8. Рашидов Ю.К. Расчёт саморегулирующегося активного элемента для многослойного стратификационного бака-аккумулятора теплоты системы солнечного теплоснабжения/ Ю.К. Рашидов// Гелиотехника. – 2016. – №3. – С.13-17.

**PROCESSED CONSTRUCTION NORMS AND RULES
FOR «INSTALLATION OF SOLAR HOT WATER SUPPLY»**

Yu.K. Rashidov

*Tashkent Architecture and Construction Institute,
Tashkent, 100011, Uzbekistan, e-mail: rashidov_yus@mail.ru*

Abstract

The progress of work on the processing of building codes and regulations of the “Installation of solar hot water supply” operating in the territory of the Republic of Uzbekistan is shown.

The goal of the work is to create a recycled republican regulatory document “Installation of solar hot water supply” that meets modern requirements and provides 30% increase in the energy efficiency of designed solar hot water installations.

The main changes made to the previously existing building codes and rules, developed on the basis of the analysis of generally accepted results of completed research, development and experimental work, the study and synthesis of domestic and foreign experience in designing, building and operating solar hot water installations destination.

СИСТЕМЫ СОЛНЕЧНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ: МИРОВОЙ ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ В УСЛОВИЯХ УЗБЕКИСТАНА

Ю.К. Рашидов

*Ташкентский архитектурно-строительный институт,
г. Ташкент, 100011, Республика Узбекистан, e-mail: rashidov_yus@mail.ru*

Системы солнечного теплоснабжения (ССТ) получили широкомасштабное практическое применение. В 2017 г. общая площадь установленных солнечных коллекторов (СК) в составе различных ССТ составила в мире 675 млн. м² [1], из них на солнечные водонагревательные установки (СВУ) различного назначения приходилось 93,5 %. Однако в последнее время темпы роста применения СК в мире уменьшаются [2], а их производство падает несколько лет подряд. Кроме того, из-за резкого падения стоимости фотоэлектрических модулей [3], СК начинали вытесняться фотоэлектрическими установками, которые по сравнению с тепловыми установками обладают определёнными преимуществами [4], такими как отсутствие теплоносителя в генерирующем контуре, трубопроводной сети, промежуточных теплообменников, циркуляционных насосов, необходимости мер по защите контура от замерзания зимой и перегрева летом, удобство и простота монтажа, повышение эффективности фотоэлектрических модулей при снижении температуры окружающего воздуха, независимость эффективности нагрева воды электронагревателем от температуры воды и т.д.

В создавшейся ситуации застоя международного рынка СК и вытеснения традиционных СВУ фотоэлектрическими установками, оценка перспектив развития ССТ с СК в условиях Узбекистана является в настоящее время весьма актуальной задачей, решение которой имеет определённый научный и практический интерес.

ССТ отличаются от традиционных систем наличием СК, которые по сравнению с топливными (или электрическими) теплогенераторами, весьма чувствительны к температурным режимам работы системы. Если в топливных теплогенераторах, вследствие высокой температуры сгорания топлива (более 1000°С), конечная температура подогреваемой воды практически не оказывает влияния на их КПД, то для СВУ в первом приближении можно считать, что повышение рабочей температуры нагрева на каждый градус приводит к снижению КПД коллектора на 1-2% [5]. Поэтому потеря температурного потенциала в процессах генерации тепловой энергии в СК, её аккумуляции в тепловом аккумуляторе, передаче потребителю и совместной работе с дублирующим источником является основным критерием для оценки эффективности работы СВУ.

Цель исследования - оценка перспектив дальнейшего развития ССТ с СК в условиях Узбекистана и выявление основных резервов повышения их эффективности, основанных на минимизации потерь температурного потенциала при передаче тепловой энергии от солнечного коллектора в тепловой аккумулятор и далее к потребителю.

Повышение эффективности использование солнечной тепловой энергии в ССТ обычно достигается двумя основными путями [6]: повышением эффективности отдельных её элементов и совершенствованием схемных решений, а также режимных параметров ССТ, направленных на сокращение температурных потерь при передаче тепла от СК в тепловой аккумулятор и далее к потребителю тепловой энергии.

В мировой практике нашли применение каждый из этих подходов [6].

СК является ключевым и самым дорогостоящим элементом ССТ.

Вопросы, касающиеся обзора мирового рынка и повышения эффективности СК, рассмотрены в работах [2, 6]. В работе [2] отмечается, что за последние 15 лет массогабаритные характеристики и параметры теплотехнического совершенства плоских солнечных коллекторов практически не изменились, являются достаточно хорошо отработанными в мировой практике и вышли на параметры близкие к предельным.

Поэтому представляется перспективным второй подход совершенствования ССТ - направленный на создание новых схемных решений и режимных параметров работы СК, обеспечивающих максимальный КПД уже существующих конструкций СК.

Необходимо отметить [2], что за последние годы обнаружилась тенденция к росту количества крупных систем централизованного солнечного теплоснабжения. В мире насчитывается 300 установок с площадью СК более 500 м², общая площадь коллекторов в них - 1648 тыс.м². Лидером этого направления является Дания, где построено 110 установок (1318 тыс.м²) [1]. Для крупных ССТ вопросы теплогидравлического саморегулирования ещё недостаточно изучены, хотя они позволяют значительно повысить их эффективность и экономичность за счёт снижения удельных расходов теплоносителя в гелиоконтуре при сохранении требуемой равномерности распределения теплоносителя при малых расходах. Это в конечном счёте означает уменьшение диаметров соединительной трубопроводов сети гелиополя СК, сокращение затрат электроэнергии на циркуляцию теплоносителя, упрощение требований к автоматизации, снижение стоимости ССТ и т.д. Всё это является резервами для повышения эффективности использование солнечной тепловой энергии в крупных ССТ, которые ещё недостаточно изучены и требуют своего научного обоснования.

При проектировании насосных ССТ важным моментом является также определение оптимального удельного расхода теплоносителя через СК [7]. Расход теплоносителя через СК является одним из основных режимных параметров, влияющих на его эффективность и эксплуатационную готовность системы солнечного горячего водоснабжения, которая определяется временем начала подачи теплоты потребителю с требуемой температурой без дополнительного нагрева.

Известно [5], что до 1980 г. в насосных системах солнечного горячего водоснабжения расход теплоносителя выбирался на уровне 0,015 кг/(м²•с) или 54 кг/(м²•час). Тогда это обосновывалось необходимостью обеспечения высокого значения коэффициента отвода теплоты F_R от СК [5]. В последние годы стали применять установки с существенно меньшим удельным расходом, обеспечивающим лучшую температурную стратификацию воды в баке-аккумуляторе и высокую эксплуатационную готовность системы, которая через 1÷1,5 часа после начала циркуляции теплоносителя в гелиоконтуре, позволяет подавать горячую воду потребителю с требуемой температурой. Например, в Швеции типичные удельные расходы составляют от 0,002 до 0,006 кг/(м²•с) или от 7,2 до 21,6 кг/(м²•час) [5].

Практика проектирования ССТ немецкой компании Viessmann предполагает три основных режима циркуляции теплоносителя через СК: режим с расходом до 30 л/(м²•час); режим с расходом более 30 л/(м²•час) и режим с регулируемым расходом теплоносителя. Оптимальным значением для гелиосистем с плоскими коллекторами считается значение 25 л/(м²•час) при полной мощности насоса. С развитием гелиотехники оптимальное значение расхода теплоносителя изменялось, так, например, 10 лет назад для плоских коллекторов оптимальным считалось значение 40 л/(м²•час).

Интересно отметить, что на протяжении почти 40 летнего мирового опыта проектирования и внедрения ССТ с плоскими СВК величина оптимального удельного расхода теплоносителя через СК периодически корректировалась и снизилась с 54 кг/(м²•час) до 25 л/(м²•час), т.е. более, чем в два раза, а в Швеции – в 2,5÷7,5 раз. Это свидетельствует о том, что до настоящего времени отсутствует достаточное научное обоснование по определению величины оптимального удельного расхода теплоно-

сителя через СК для различных схемных решений ССТ (одноконтурных, двухконтурных, без дублирующего источника теплоты, с дублирующего источника теплоты и т.д.) с учётом климатических условий района строительства.

Проектирование ССТ осуществляется в основном традиционным подходом, применяемым в обычных системах теплоснабжения, когда тепловые и гидравлические процессы, происходящие в системе, для упрощения рассматриваются отдельно в стационарном режиме. При этом не учитываются теплогидравлические динамические эффекты, возникающие в ССТ и её элементах (в гелиоконтуре, тепловом аккумуляторе и т.д.) при нестационарно поступающей солнечной энергии, которые при создании определённых условий могут сопровождаться синергетическими эффектами самоорганизации и саморегулирования [8].

Идея совершенствования ССТ путём эффективного использования в них саморегулирующихся теплогидравлических процессов и саморегулирующихся устройств на их основе была предложена в 1982 г. [8], исследована и внедрена в практику типового (14 проектов) и экспериментального (20 проектов) проектирования с привязкой для строительства 1200 комплектов проектной документации [8], с реальным внедрением в Узбекистане в объёме более 20 тыс. м² эксплуатируемых СК [9-11]. Она не потеряла свою актуальность и должна получить своё дальнейшее развитие в новых условиях застоя рынка СК [2], когда для обеспечения конкурентоспособности ССТ для них становятся востребованными такие качества как простота, надёжность и дешевизна технических решений.

Отличительной особенностью данного подхода [8] является то, что создание и проектирование ССТ ведётся с учётом применения в них простейших саморегулирующихся активных элементов (САЭ) в виде трубы Вентури 4 (рис.1, а), перфорированных труб 1÷4 (рис.1, б), патрубка излива 1 (рис.1, в), коллекторных соединений и т.п., функционирующих наподобие активных элементов электрических цепей: диодов, триггеров и т.д.

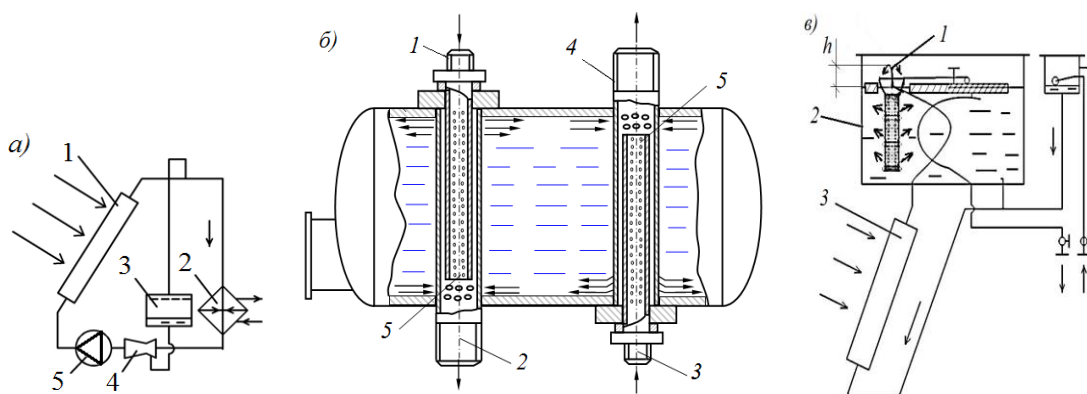


Рис.1. Принципиальная схема самодреннрующегося гелиоконтра (а), стратификационного аккумулятора (б) и саморегулирующегося термосифонного гелиоконтра (в)

Как видно из приведённых схем применение САЭ позволяет значительно проще и экономичнее решать целый ряд специфических гелиотехнических задач, связанных с защитой от замерзания СК, с высокоэффективным стратификационным аккумулярованием теплоты, со стабилизацией температуры нагрева воды и т.д., а также повышать эффективность работы ССТ, благодаря созданию оптимальных режимов для работы СК. Однако, применение САЭ в ССТ требует учёта и более тщательного расчёта неизотермического движения жидкости в данных устройствах при некоторых критических параметрах, благодаря которым и обеспечивается возникновение эффектов саморегулирования в условиях нестационарного прихода солнечной энергии.

В заключении следует отметить, что климатические условия Узбекистана в летний период года, характеризуются высокими температурами наружного воздуха (более плюс 40°C) и его запылённостью. Это может привести к уменьшению эффективности работы фотоэлектрических модулей на 10-15%, для которых оптимальная рабочая температура составляет обычно 25°C. Поэтому ССТ с СК имеют определённые преимущества по сравнению с фотоэлектрическими установками, так как их эффективность работы возрастает с увеличением температуры наружного воздуха.

На основе выполненных исследований можно сделать следующие выводы:

1. В климатических условиях Узбекистана, характеризующихся высокими температурами наружного воздуха и его запылённостью в летний период года, системы солнечного теплоснабжения с тепловыми коллекторами являются перспективными для практического применения по сравнению с фотоэлектрическими установками, несмотря на резкое уменьшение их стоимости.

2. В современных условиях, когда конструкции СК достаточно хорошо отработаны и практически исчерпаны резервы снижения их стоимости, выявление основных путей повышения эффективности использования солнечной тепловой энергии в системах теплоснабжения является весьма актуальной задачей. Одним из таких путей является совершенствование схемных решений и режимных параметров ССТ и их оборудования с применением простейших саморегулирующихся активных элементов.

3. Используемые в мировой практике схемные решения ССТ постоянно совершенствуются в части повышения своей энергоэффективности и надёжности работы и их режимные параметры ещё не доведены до оптимальных значений. Это создаёт определённый резерв для повышения эффективности использования солнечной энергии в системах теплоснабжения.

4. Намеченные пути дальнейших исследований для повышения эффективности использования солнечной тепловой энергии в системах теплоснабжения с минимальными потерями температурного потенциала в их элементах могут быть использованы при совершенствовании ССТ с САЭ.

Эта работа была выполнена при поддержке Министерства по инновационным технологиям Республики Узбекистан в рамках фундаментального гранта БВ-М-ФЗ-003 и прикладного гранта ФА-Атех-2018-421.

Список литературы:

1. Weiss W., Spörk - Dür M., Mautnier F. Solar Heat Worldwide. Global Market Development and Trends in 2017. Detailed Market Figures 2016. 2018 edition. Электронный ресурс: <http://www.iea-shc.org/data/sites/1/publications/Solar-Heat-Worldwide-2018.pdf>.
2. Фрид С.Е. Современные солнечные коллекторы: типичные параметры и тенденции их изменения/ С.Е. Фрид, Н.В. Лисицкая// Гелиотехника. – 2018. – №2. – С.27-37.
3. Фрид С.Е. Использование фотобатарей для горячего водоснабжения – опыт и перспективы/ С.Е. Фрид, А.Б. Тарасенко // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» (ISJAEE). – 2018. – №16-18. – С.23-38.
4. Morris, G. Heating water, not as simple as it used to be / G. Morris // Solar Progress. – 2014. – No.2. – P. 30–32.
5. Даффи Дж. Основы солнечной теплоэнергетики. Пер. с англ.: Учебно-справочное руководство/ Дж. Даффи, У. Бекман. – Долгопрудный: Издательский дом «Интеллект», 2013. – 888 с.
6. Рашидов Ю.К. Повышение равномерности распределения потока жидкости по подъёмным трубам лучепоглощающей теплообменной панели солнечного водонагревательного коллектора листотрубного типа в условиях принудительной

- циркуляции/ Ю.К. Рашидов, А.У. Вохидов// Гелиотехника. – 2016. – №4. – С.8-14.
7. Рашидов Ю.К. Оценка эффективности систем солнечного горячего водоснабжения с однократным нагревом воды в плоских солнечных коллекторах / Ю.К. Рашидов // Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2018. – Севастополь: СевГУ, 2018. – С.993 – 997.
 8. Рашидов Ю.К. Альтернативный метод расчёта систем солнечного теплоснабжения / Ю.К. Рашидов//Гелиотехника. 2006. – № 3. – С. 83 – 86.
 9. Рашидов Ю.К. Автономные гелиоустановки горячего водоснабжения модульного типа/ Ю.К. Рашидов // Гелиотехника. – 1989. №3, с.61-63.
 10. Рашидов Ю.К. Сезонные системы солнечного горячего водоснабжения для индивидуальных жилых домов/ Ю.К. Рашидов // Гелиотехника. – 1989, № 6, стр.64...66.
 11. Рашидов Ю.К. Практика проектирования и эксплуатации систем солнечного теплоснабжения в Узбекистане/ Ю.К. Рашидов, Р.А. Захидов, У.А. Таджиев //Гелиотехника” 1994, № 5, стр.43...50.

SOLAR HEATING SYSTEMS: WORLD EXPERIENCE AND DEVELOPMENT PROSPECTS IN THE CONDITIONS OF UZBEKISTAN

Yu.K. Rashidov

*Tashkent Architecture and Construction Institute, Tashkent, 100011, Uzbekistan,
e-mail: rashidov_yus@mail.ru*

Abstract

The world experience and development prospects of using solar thermal energy in heat supply systems in conditions of Uzbekistan are considered, which is of particular relevance in the conditions of stagnation of the market for modern solar collectors with parameters close to their limiting values and for replacing traditional solar water heating plants with photovoltaic plants whose value becomes comparable with heat plants.

The purpose of research - assessment of the prospects of further development of solar heating systems with solar collectors in Uzbekistan, and the identification of key provisions to improve their effectiveness, based on the minimization of thermal capacity of the transmission loss of thermal energy from the solar collector to heat the battery and then to the consumer.

It was shown that the main reserves of increasing the efficiency of the solar heating systems are improving their circuitry, auxiliary equipment and operating parameters using a simple self-regulating active elements, which are capable of exerting a controlling effect on the hydrodynamics of the non-isothermal fluid flow in the system and its thermal efficiency at low specific consumption of heat carrier through solar collector. This is in line with current trends in global experience in creating solar power plants, in which the value of the optimum specific consumption rate through a solar collector has been reduced two or more times over the past forty years.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЛОСКИХ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ПУТЁМ ОПТИМИЗАЦИИ ИХ РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ

Ю.К. Рашидов¹, М.М. Исмоилов², Ж.Т. Орзиматов¹, К.Ю. Рашидов³,
Ш.Ш. Каршиев¹

¹Ташкентский архитектурно-строительный институт,
г. Ташкент, 100011, Республика Узбекистан, e-mail: rashidov_yus@mail.ru

²Ферганский политехнический институт,
г. Фергана, 150107, Республика Узбекистан

³Физико-технический институт НПО «Физика-Солнце» АН РУз,
г. Ташкент, 100084, Республика Узбекистан

Солнечный коллектор (СК) является основным и самым дорогостоящим элементом системы солнечного теплоснабжения (ССТ). Поэтому задача повышения его эффективности и оптимизации массогабаритных характеристик и параметров теплотехнического совершенства находится в постоянном поле зрения многих исследователей.

В 2017 г. общая площадь установленных СК в составе различных составила в мире 675 млн. м² [1]. Однако темпы их применения в настоящее время постоянно уменьшаются, а производство СК в мире падает несколько лет подряд [2]. На европейском рынке СК также наблюдается застой: объём ввода коллекторов в эксплуатацию сокращается более 10 лет, начиная с 2009 г. С этого момента времени основной задачей европейской гелиотехнической науки является поиск путей снижения стоимости СК и систем солнечного теплоснабжения в целом [2].

Однако за последние 15 лет массогабаритные характеристики и параметры теплотехнического совершенства плоских солнечных коллекторов практически не изменились [2]. Они являются достаточно хорошо отработанными в мировой практике, и вышли на параметры близкие к своим предельным значениям [2]. Иначе говоря, существенного повышения эффективности использование солнечной тепловой энергии в ССТ за счёт совершенствования массогабаритных характеристик и теплотехнических параметров отдельных конструкций СК в обозримом будущем не приходится.

Поэтому представляется перспективным повышение эффективности использования существующих плоских солнечных коллекторов в системах теплоснабжения путём оптимизации их режимных параметров.

В отличие от традиционных топливных и электрических генераторов теплоты [3], эффективность работы плоских СК очень сильно зависит от средней температуры поглощающей теплообменной панели [4], которая обычно имеет конструкцию типа лист-труба (рис.1). Так, например, в первом приближении можно считать, что повышение рабочей температуры нагрева на каждый градус в плоском солнечном коллекторе приводит к снижению его КПД на 1-2% [4]. Поэтому один и тот же СК, в одних и тех климатических условиях при различных режимных параметрах эксплуатации в ССТ может генерировать теплоту с различной тепловой эффективностью.

Определение средней температуры поглощающей теплообменной панели является довольно сложной задачей [4], так как для этого требуется детальное исследование распределения температуры в плоскости коллектора по осям x и y (рис.2, a). Под действием тепла, сообщаемого жидкости, она нагревается, и в ней возникает градиент температуры в направлении течения (по оси y). Поскольку на любом участке коллектора общий уровень температуры определяется уровнем местной темпера-

туры жидкости, пространственная картина температурного поля будет выглядеть подобно показанной на рис.2,б. Распределения температуры в направлении оси x при любом значении y и в направлении оси y при любом значении x представлены на рис. 2, в и г.

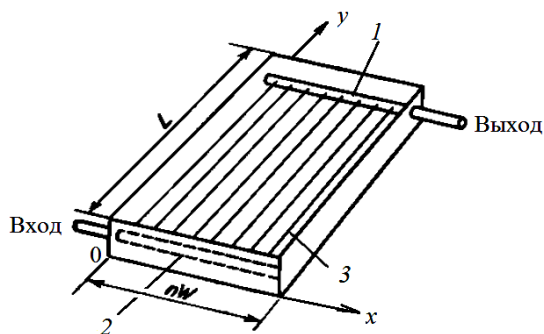


Рис. 1. Плоский солнечный коллектор типа лист-труба [4]:
1-верхний гидравлический коллектор; 2-нижний гидравлический коллектор;
3- параллельные трубы в количестве n штук, расположенные на расстоянии W друг от друга.

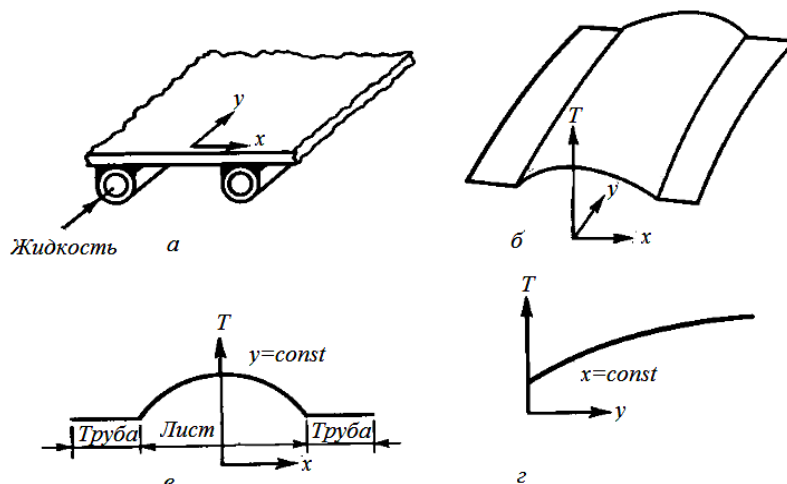


Рис.2. Распределение температуры поглощающей теплообменной панели плоского солнечного коллектор типа лист-труба [4]:

Таким образом, для повышения эффективности плоских солнечных коллекторов в системах теплоснабжения путём оптимизации их режимных параметров необходимо проанализировать влияние данных параметров на распределение температуры панели в двух взаимно перпендикулярных направлениях: вдоль и поперёк направления течения жидкости.

Целью исследования является выявление особенностей повышения эффективности плоских солнечных коллекторов в системах теплоснабжения путём оптимизации их режимных параметров, влияющих на величину средней температуры поглощающей теплообменной панели.

Рассмотрим и проанализируем режимные параметры, оказывающие влияние на величину средней температуры поглощающей теплообменной панели вдоль направления течения жидкости (по оси y) и на тепловую эффективность плоских солнечных коллекторов в системах теплоснабжения.

Расход теплоносителя через СК является одним из основных режимных параметров, влияющих на его эффективность и эксплуатационную готовность системы солнечного горячего водоснабжения (СГВ).

Известно, что до 1980 г. в насосных системах СГВ расход теплоносителя выбирался на уровне $54 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ [4]. В последние годы стали применять установки с существенно меньшим удельным расходом, обеспечивающим лучшую температурную

стратификацию воды в баке-аккумуляторе и высокую эксплуатационную готовность системы, которая уже через $1 \div 1,5$ часа позволяет подавать горячую воду потребителю с требуемой температурой. Например, в Швеции типичные удельные расходы составляют от 7,2 до 21,6 кг/(м²•ч) [4].

Существенным преимуществом установок с малым удельным расходом, как отмечается в работе [5], является снижение мощности циркуляционного насоса и диаметров трубопроводов, что обуславливает и снижение капитальных и эксплуатационных затрат. При этом потенциальный выигрыш в доле покрытия солнечной энергии для солнечной установки с идеально стратифицированным баком и с малым удельным расходом воды через СК, в диапазоне от 7,2 до 25,2 кг/(м²•с), по сравнению с полностью перемешанным баком и большим удельным расходом воды через солнечный коллектор порядка $36 \div 72$ кг/(м²•с), может достигать 1/3 [4]. Повышение доли покрытия нагрузки в такой установке возможно с 0,48 до 0,66. Однако, следует заметить, что на практике столь существенного выигрыша пока получить не удалось вследствие сложности реализации хорошей температурной стратификации в баке. Вместе с тем, положительный эффект был подтверждён экспериментально, например, в работе [6].

Изменение удельного расхода теплоносителя через СК, работающий на бак-аккумулятор, сопряжено с факторами, оказывающими противоположное влияние на суточную эффективность работы систем СГВ. Если увеличения удельного расхода теплоносителя через СК и связанное с этим уменьшение температурного перепада на нём, с одной стороны, приводит к интенсификации отвода тепла от него, то с другой стороны это способствует постоянному росту в течение дня температуры воды, питающей СК. Это в дневном разрезе работы систем СГВ приводит к увеличению средней температуры СК.

Уменьшение же величины удельного расхода теплоносителя через СК и связанное с этим увеличение температурного перепада на нём, с одной стороны, приводит к уменьшению интенсивности отвода тепла от него, но с другой стороны – обеспечивает подпитку СК водой с постоянно низкой начальной температурой. Это в дневном разрезе работы систем СГВ обеспечивает постоянство средней температуры абсорбера СК.

Отсюда следует, что оценку эффективности работы систем СГВ с плоскими солнечными коллекторами следует выполнять по суточной их теплопроизводительности с учётом кратности нагрева теплоносителя в СК [7].

Рассмотрим и проанализируем режимные параметры, оказывающие влияние на величину средней температуры поглощающей теплообменной панели поперёк направления течения жидкости (по оси x) и на тепловую эффективность плоских солнечных коллекторов в системах теплоснабжения.

В данном случае большое значение имеет равномерность распределения расхода жидкости по подъёмным трубам плоского СК [4]. При неравномерном распределении потока некоторые участки СК, содержащие подъёмные трубы с малым расходом, могут иметь температуру, намного превышающую температуру участков с более высоким расходом жидкости.

Аналитические и экспериментальные исследования данной проблемы выполнены в [8, 9, 10], в которых оценено влияние неравномерности распределения потока жидкости в системе СВК на выработку тепла при различных (малых, средних и больших) удельных расходах и схемах соединения коллекторов между собой. В [8] приведён обзор некоторых исследований равномерности распределения расхода в СК, там же представлен аналитический метод расчёта распределения расхода и его экспериментальная верификация.

В [9] приведены результаты аналитических и экспериментальных исследований влияния неравномерности распределения потока жидкости по подъёмным трубам

лучепоглощающей теплообменной панели СК листотрубного типа на выработку тепла. Опыты проводились в натуральных условиях на одной из секций солнечной установки, предназначенной для горячего водоснабжения гостиницы и состоящей из 10 параллельных ветвей по 4 последовательно соединённых СК в каждой ветви. Диапазон изменения удельных расходов жидкости через СК как при диагональной схеме расположения подводящего и отводящего патрубков (Z-схема), так и при расположении этих патрубков с одной стороны секции (П-схема) составлял $g=5\div 30$ кг/(м²•ч). В экспериментах измерялась температура воды на выходе из каждой ветви секции СК, которая являлось мерой того, насколько эффективно от СК отводится энергия. Отличия в температурах между ветвями секции СК является также мерой недостатка равномерности распределения расхода, так как на входе в каждую ветвь подавалась холодная водопроводная вода с одинаковой температурой, которая также замерялась.

Для Z-схемы при малых ($g=5,15$ кг/(м²•ч)) и средних ($g=10,6$ кг/(м²•ч)), а для П-схемы только при малых ($g=4,96$ кг/(м²•ч)) удельных расходах наблюдалась практически равномерная распределение потока по отдельным ветвям секции СВК, о чём можно судить по незначительным отличиям температуры ($\pm 2\div 3$ °С) на выходе из параллельных ветвей. Для Z-схемы при больших ($g=29,4$ кг/(м²•ч)), а для П-схемы при средних ($g=20,0$ кг/(м²•ч)) и больших ($g=30,4$ кг/(м²•ч)) удельных расходах наблюдалась ощутимая неравномерность распределение потока через крайние 9 и 8 ветви секции СК, в которых отличия температуры составляют уже до $\pm 4\div 5$ °С от среднего значения, а по сравнению с самой крайней 10 ветвью отличаются на $8\div 10$ °С.

В [10] приведены результаты измерения температур при малых, средних и больших удельных расходах для батареи из двенадцати СК, соединённых параллельно между собой. Согласно экспериментальным данным, разности температур между центральной частью и крайними участками батареи при больших расходах достигают 22 °С, а с уменьшением удельных расходов через СК, аналогично опытными данным [5], эти разности температур уменьшаются. Тем не менее, это различие весьма существенное и поэтому оказывает сильное влияние на общую тепловую эффективность батареи СК. Поэтому на основании результатов исследований в [10] рекомендуют применять в конструкциях гидравлические каналы достаточно большого диаметра, с тем, чтобы падения давления в основном имело место в подъёмных трубах. В батареях СК с принудительной циркуляцией при числе подъёмных труб, превышающих, 24 рекомендуется вместо параллельного соединения, применять последовательно-параллельное или параллельно-последовательное соединение.

При конструировании и проектировании отдельных коллекторов и батареи СК с заданной неравномерностью распределения потока необходимо знать количественную взаимосвязь между вышперечисленными конструктивными параметрами, которая приведена в работе [11]. Метод гидравлического расчёта теплообменной панели солнечного водонагревательного коллектора листотрубного типа с заданной неравномерностью распределения потока жидкости в условиях принудительной циркуляции приведен в работе [12].

Эта работа была выполнена при поддержке Министерства по инновационным технологиям Республики Узбекистан в рамках фундаментального гранта БВ-М-ФЗ-003.

Список литературы:

1. Weiss W., Spörk - Dür M., Mautnier F. Solar Heat Worldwide. Global Market Development and Trends in 2017. Detailed Market Figures 2016. 2018 edition. Электронный ресурс: <http://www.iea-shc.org/data/sites/1/publications/Solar-Heat-Worldwide-2018.pdf>.

2. Фрид С.Е. Современные солнечные коллекторы: типичные параметры и тенденции их изменения/ С.Е. Фрид, Н.В. Лисицкая// Гелиотехника. – 2018. – №2. – С.27-37.
3. Рашидов Ю.К. Системы солнечного теплоснабжения: мировой опыт и перспективы развития в условиях Узбекистана/ Ю.К.Рашидов// Международная научно-практическая конференция «Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2019», Севастополь 23-26 сентября 2019 года, С.
4. Даффи Дж. Основы солнечной теплоэнергетики. Пер. с англ.: Учебно-справочное руководство/ Дж. Даффи, У. Бекман. – Долгопрудный: Издательский дом «Интеллект», 2013. – 888 с.
5. Hollands K.G.T. A Review of Low-Flow. Stratified-Tank Solar Water Heating Systems/ K.G.T. Hollands, M.F. Lightstone // Solar Energy, 1989. – V. 43. – P. 97.
6. Carvalho M.J. An Experimental Comparison of Operating Strategies for Solar Water Systems/ M.J. Carvalho, M. Collares-Pereira, F.M. Cunha, C. Vitorino // Solar Energy, 1988. – V. 41. – P. 33.
7. Рашидов Ю.К. Оценка эффективности систем солнечного горячего водоснабжения с однократным нагревом воды в плоских солнечных коллекторах/ Ю.К. Рашидов// Международная научно-практическая конференция «Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность–2018», Севастополь 24-27 сентября 2018 года, С.993-997.
8. Weitbrecht V., Lehmann D., Richter A. Flow Distribution in Solar Collectors with Laminar Flow Conditions/ V. Weitbrecht, D. Lehmann, A. Richter // Solar Energy. V. 73, 2002. – P.433.
9. Смирнов С.И., Константиновский Ю.А., Торшин А.С. Влияние неравномерности распределения потока жидкости в системах солнечных коллекторов на выработку тепла// Гелиотехника. 1981. №1, С.24-28.
10. Dunkle R.V., Davey E.T. Flow Distribution in Absorber Banks// Paper presented at Melbourne International Solar Energy Society Conference, 1970.
11. Рашидов Ю.К. Повышение равномерности распределения потока жидкости по подъёмным трубам лучепоглощающей теплообменной панели солнечного водонагревательного коллектора листотрубного типа в условиях принудительной циркуляции/ Ю.К. Рашидов, А.У. Вохидов// Гелиотехника. – 2016. – №4. – С.8-14.
12. Рашидов Ю.К. Метод гидравлического расчёта теплообменной панели солнечного водонагревательного коллектора листотрубного типа с заданной неравномерностью распределения потока жидкости в условиях принудительной циркуляции/ Ю.К. Рашидов, Ж.Т. Орзиматов, К.Ю. Рашидов, Ф. Файзиев// Международная научно-практическая конференция «Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2019», Севастополь 23-26 сентября 2019 года, С.

EFFICIENCY IMPROVEMENT OF FLAT SOLAR COLLECTORS IN HEAT SUPPLY SYSTEMS BY OPTIMIZING THEIR MODE PARAMETERS

**Yu.K. Rashidov¹, M.M. Ismoilov², J.T. Orzimatov¹, K.Yu. Rashidov³,
Sh.Sh. Karshiev¹**

¹*Tashkent Architecture and Construction Institute,*

Tashkent, 100011, Uzbekistan, e-mail: rashidov_yus@mail.ru

²*Fergana Polytechnic Institute, Fergana, 150107, Uzbekistan*

³*Physical-technical institute NGO "Physics-Sun" of the Academy of Sciences of Uzbekistan, Tashkent, 100084, Uzbekistan*

Abstract

The task of increasing the efficiency of flat solar collectors in heat supply systems by optimizing their operating parameters under conditions when their weight and size characteristics and parameters of heat engineering perfection, that have been worked out

well enough in world practice is studied and reached the parameters close to their limiting values.

The aim of the study is to identify the features of improving the efficiency of existing flat solar collectors in heating systems by optimizing their operating parameters that affect the average temperature of the absorbing heat exchanger.

It is shown that increasing the efficiency of flat solar collectors in heating systems can be achieved by two ways: 1) due to a single heating of water in solar collectors at low flow rates and a high value of the temperature gradient in the direction of fluid flow; 2) by improving the uniformity of distribution of coolant flow through the lifting pipes and reducing the temperature gradient perpendicularly of fluid flow movement.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО КОЛИЧЕСТВА РАСЧЁТНЫХ СЛОЕВ МНОГОСЛОЙНОГО ВОДЯНОГО СТРАТИФИКАЦИОННОГО АККУМУЛЯТОРА ТЕПЛОТЫ ПРИ РАСЧЕТЕ САМОРЕГУЛИРУЮЩЕГОСЯ АКТИВНОГО ЭЛЕМЕНТА

Ю.К. Рашидов¹, М.М. Исмоилов², К.Ю. Рашидов³, З.Ф. Файзиев⁴

¹*Ташкентский архитектурно-строительный институт,*

г. Ташкент, 100011, Республика Узбекистан, e-mail: rashidov_yus@mail.ru

²*Ферганский политехнический институт,*

г. Фергана, 150107, Республика Узбекистан

³*Физико-технический институт НПО «Физика-Солнце» АН РУз,*

г. Ташкент, 100084, Республика Узбекистан

⁴*Самаркандский государственный архитектурно-строительный институт,*

г. Самарканд, 140147, Республика Узбекистан

Водяные баки-аккумуляторы теплоты систем солнечного теплоснабжения могут работать при значительной степени температурной стратификации, когда верхняя часть аккумуляторного бака горячее, чем нижняя [1]. Принцип послойной зарядки теплового бака-аккумулятора от солнечного коллектора, когда вода, нагретая в коллекторе, подается в соответствующий её температуре слой по высоте бака и исключается перемешивание слоев, широко используется в настоящее время при проектировании систем солнечного горячего водоснабжения и отопления [2, 3, 4]. При этом потенциальный выигрыш в доле покрытия солнечной энергии для солнечной установки с идеально стратифицированным баком и с малым удельным расходом воды через солнечный коллектор, в диапазоне от 0,002 до 0,007 кг/(м²•с), по сравнению с полностью перемешанным баком и большим удельным расходом воды через солнечный коллектор порядка 0,01÷0,02 кг/(м²•с), может достигать 1/3 [1]. Несмотря на то, что при больших удельных расходах обеспечиваются более высокие значения коэффициента отвода теплоты от коллектора F_R [1]. Повышение доли покрытия нагрузки в такой установке согласно некоторым экспериментальным данным [5] возможно с 0,48 до 0,66. На практике столь существенного выигрыша пока получить не удалось вследствие сложности реализации хорошей температурной стратификации в аккумуляторных баках [1]. Поэтому усовершенствование конструкции стратификационных аккумуляторов теплоты и методов их расчёта, обеспечивающих устойчивую температурную стратификацию, является актуальной задачей.

В работе [6] приведён расчет саморегулирующегося активного элемента стратификационного аккумулятора теплоты для условий двухслойной стратификации, когда по всей высоте аккумуляторного бака разность температур (и плотностей) между поступающим в аккумулятор теплоносителем и аккумулялирующей средой остаётся постоянной. В реальных режимах работы в течение дня в тепловой аккумулятор обычно поступает теплоноситель с различной температурой его нагрева в солнечных коллекторах и в нём наблюдается многослойная температурная стратификация воды. Поэтому саморегулирующейся активный элемент аккумулятора должен быть рассчитан на многослойную температурную стратификацию воды. Ниже рассмотрены особенности расчета саморегулирующегося активного элемента для многослойного стратификационного аккумулятора теплоты.

Рассмотрим процесс раздачи воды водораспределителем постоянного сечения с равномерной перфорацией по длине при действии объемных сил (рис.1, а). Примем начало координат у заглушенного конца водораспределителя (рис.1, б) и направим ось абсцисс вертикально вниз, навстречу потоку воды. Заменяем перфорированные

отверстия условной щелью постоянной ширины δ и проведем в водораспределителе два поперечных сечения на расстояниях x и $x+dx$ от заглушенного конца (рис.1, б).

Очевидно, уменьшение расхода воды внутри водораспределителя от сечения $x+dx$ к сечению x равно расходу воды, вытекающей через условную щель между этими сечениями.

Обозначив скорость в сечении x через W_x , а в сечении $x+dx$ через W_x+dW_x и нормальную скорость истечения из щели в сечении x через v_x можем написать

$$FdW_x = v_x \delta dx. \quad (1)$$

Переходя, к производной получаем

$$W'_x = \frac{\delta}{F} v_x. \quad (2)$$

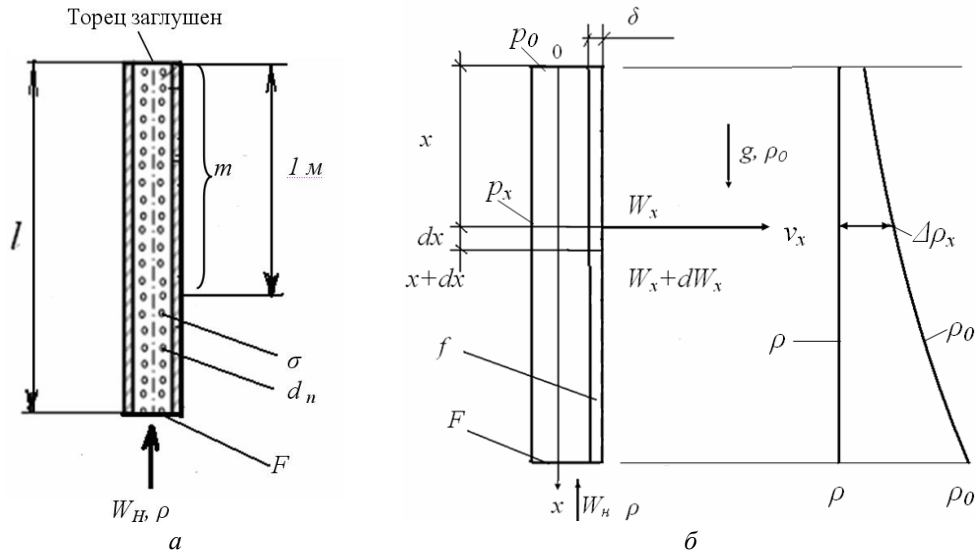


Рис.1. Схема водораспределителя постоянного сечения с равномерной перфорацией (а) и с условной щелью постоянной ширины (б)

Нормальная скорость воды в щели

$$v_x = \mu \sqrt{\frac{2}{\rho} (p_x - p_0)} = \mu \sqrt{\frac{2}{\rho} \Delta p_x}. \quad (3)$$

Составим применительно к сечениям $x+dx$ и x уравнение Бернулли:

$$\Delta \rho_x g x + \Delta \rho_x g dx + \Delta p_x + d\Delta p_x + \frac{\rho W_x^2}{2} + d\left(\frac{\rho W_x^2}{2}\right) = \Delta \rho_x g x + \Delta p_x + \frac{\rho W_x^2}{2} + \frac{\lambda}{d_3} \frac{\rho W_x^2}{2} dx.$$

Сократив в левой и правой частях уравнения одинаковые члены и переходя к производным, получаем

$$\Delta p'_x + \rho W'_x W_x - \frac{\lambda}{d} \frac{\rho W_x^2}{2} = -\Delta \rho_x g. \quad (4)$$

Выразим $\Delta p'_x$ через скорость W_x . Из уравнения (3) следует

$$\Delta p_x = \frac{\rho v_x^2}{2\mu^2}$$

Согласно выражению (2) $v_x = \frac{F}{\delta} W'_x$ и потому

$$\Delta p_x = \frac{\rho F^2}{2\mu^2 \delta^2} W_x'^2$$

Беря производную, получаем

$$\Delta p'_x = \frac{\rho F^2}{\mu^2 \delta^2} W'_x W''_x$$

Подставляя в уравнение (4) величину $\Delta\rho'_x$ и умножая на $\mu^2\delta^2/\rho F^2$, будем иметь

$$W_x'' W_x' + \frac{\mu^2\delta^2}{F^2} W_x' W_x - 0,5 \frac{\mu^2\delta^2}{F^2} \frac{\lambda}{d} W_x^2 = - \frac{\mu^2\delta^2}{F^2} \cdot \frac{\Delta\rho_x g}{\rho} \quad (5)$$

Введем обозначения: $\bar{W}_x = W_x/W_H$, $\bar{x} = x/l$

Тогда $W_x = W_H \bar{W}_x$; $x = l\bar{x}$;

$$W_x' = \frac{dW_x}{dx} = \frac{W_H}{l} \cdot \frac{d\bar{W}_x}{d\bar{x}} = \frac{W_H}{l} \bar{W}_x'; \quad W_x'' = \frac{dW_x'}{dx} = \frac{W_H}{l^2} \cdot \frac{d\bar{W}_x'}{d\bar{x}} = \frac{W_H}{l^2} \bar{W}_x''$$

Подставляя найденные значения W_x, W_x' и W_x'' в (5) и сокращая на W_H^2/l^3 получим следующее дифференциальное уравнение:

$$\bar{W}_x'' \bar{W}_x' + p \bar{W}_x' \bar{W}_x + q \bar{W}_x^2 = p Ri \quad (6)$$

где $p = \mu^2 \bar{f}^2$; $q = -0,5 \mu^2 \bar{f}^2 \lambda \bar{l}$; $Ri = \frac{-gl \Delta\rho_x}{W_H^2 \rho}$; $\bar{f} = \frac{f}{F} = \frac{\delta}{F}$; $\bar{l} = \frac{l}{d}$

Граничные условия при $\bar{x} = 0$ $\bar{W}_0 = 0$ }
 при $\bar{x} = 1$ $\bar{W}_H = 1$ } (7)

В дальнейшем величину $\mu\bar{f}$ будем называть параметром условной щели, а $\lambda\bar{l}$ - параметром канала водораспределителя. Безразмерный комплекс Ri является модифицированным числом Ричардсона, которое характеризует соотношение архимедовых сил и сил инерции в начале водораспределителя. В частности, $Ri=0,5$ означает равенство этих сил ($-gl\Delta\rho_x = 0,5\rho W_H^2$). Если архимедовы силы направлены вверх ($\Delta\rho>0$), то $Ri < 0$, в противном случае, когда ($\Delta\rho<0$) – $Ri > 0$.

Уравнение (6) и условия (7) дают полную математическую формулировку рассматриваемой краевой задачи.

Допустим, что она решена, т.е. найдена относительная скорость воды внутри водораспределителя

$$\bar{W}_x = \varphi(p, q, Ri, \bar{x}). \quad (8)$$

В таком случае относительная средняя скорость истечения воды из щели составит

$$\bar{v}_x = \frac{v_x}{v_{cp}} = \frac{FW_x'}{\delta v_{cp}} = \frac{FW_H}{\delta l v_{cp}} \bar{W}_x' = \bar{W}_x'. \quad (9)$$

Заметим, что при равномерной раздаче $\bar{v}_x = 1$. В стратификационном аккумуляторе водораспределитель осуществляет неравномерную раздачу, что обуславливается действием архимедовых сил и характеризуется максимальной скоростью истечения в одном крайнем сечении, где разность $\Delta\rho_x \approx 0$, и минимальной - в противоположном сечении. Учитывая, что для исключения подсоса воды в водораспределитель $\bar{v}_x \geq 0$, условия на которые он должен быть рассчитан, следующие:

$$Ri = 0,5 \quad \bar{v}_x = 1; \quad (10)$$

$$Ri < 0,5 \quad \bar{v}_H = 0; \quad (11)$$

$$Ri > 0,5 \quad \bar{v}_0 = 0. \quad (12)$$

Определяющей величиной при расчете водораспределителя является параметр условной щели $\mu\bar{f}$. Согласно [7], условие (10) выполняется при $\mu\bar{f} < 1$. Параметр условий щели, при котором выполняется условие (11) или (12) назовем критическим, обозначив его через $\mu\bar{f}^{kp}$.

Решив нелинейное дифференциальное уравнение (6) можно установить зависимость $\mu\bar{f}^{kp}$ от Ri . Однако для этого необходимо, чтобы было задано изменение разности плотностей $\Delta\rho_x$ по высоте аккумуляторного бака, которое входит в критерий

Ричардсона Ri . Для двухслойной стратификации в аккумуляторном баке её можно принять постоянной по высоте аккумулятора. Аналитическое и численное решение задачи для данного случая приведены нами в [8-9].

При многослойной стратификации, когда разность плотностей $\Delta\rho_x$ по высоте аккумуляторного бака изменяется непрерывно (рис.1, б), аккумуляторный бак можно разделить на отдельные температурные слои с расчётной толщиной l_c и в пределах каждого слоя, применяя теорему о среднем, считать разность плотностей $\Delta\rho_x$ постоянной. В этом случае для расчёта равномерно перфорированного по длине водораспределителя постоянного сечения можно воспользоваться зависимостями, приведёнными в работе [6].

Следует заметить, что точность такого расчёта будет повышаться по мере увеличения количества температурных слоев и уменьшения их расчётной толщины l_c , а скорость истечения теплоносителя из перфорированных отверстий уменьшаться, что способствует устойчивости температурной стратификации в аккумуляторе. При этом по мере прогрева аккумулятора водораспределитель будет работать не всей своей высотой l , а некоторой её частью (в идеальном случае, равной толщине температурного слоя l_c), так как высота истечения теплоносителя из него в зависимости от температуры будет изменяться под действием архимедовых сил, соизмеримых внутри водораспределителя с силами инерции. Поэтому при расчете саморегулирующегося активного элемента для многослойного стратификационного аккумулятора в критерии Ричардсона вместо определяющего размера l следует использовать расчётную толщину температурного слоя l_c .

Сравнительный анализ результатов расчёта саморегулирующегося активного элемента стратификационного бака-аккумулятора теплоты из условий двухслойной и десятислойной стратификации показывает, что средняя v_{cp} и максимальная v_{max} скорости истечения воды при десятислойной стратификации уменьшаются в 4,1 раза, фактическое значение модифицированного числа Ричардсона Ri_{ϕ} увеличивается в 1,7 раза, потери давления в активном элементе Δp^{kp} уменьшаются в 17 раз, количество перфорированных отверстия увеличивается в 4 раза.

Таким образом, увеличение количества расчётных температурных слоёв при проектировании саморегулирующегося активного элемента стратификационного бака-аккумулятора, позволяет улучшать его гидродинамические характеристики, обеспечивающие повышение устойчивости температурного расслоения воды внутри аккумулятора.

Условные обозначения, принятые в статье:

D, l, δ – соответственно диаметр, длина и ширина условной щели водораспределителя, м; d_n – диаметр перфорированного отверстия, м; F, f – площади поперечного сечения и условной щели водораспределителя, м²; σ – площадь перфорированного отверстия, м²; G – часовой расход воды в гелиоконтуре, кг/час; g – ускорение свободного падения, м/с²; m – число перфорированных отверстий на 1 м длины, 1/м; \bar{v}_x – относительная скорость истечения воды; v_{max} – максимальная скорость истечения воды, м/с; v_{cp} – средняя скорость истечения воды, м/с; ν – коэффициент кинематической вязкости, м²/с; W_n – скорость воды в начале водораспределителя, м/с; x – координата вдоль оси канала, м; λ, μ – коэффициенты трения и расхода; λ, l, μ, f – параметры канала и щели; ρ_0, ρ – плотность окружающей и распределяемой воды, кг/м³; $\Delta\rho$ – разность плотностей, кг/м³; $Ri_a = \frac{-gH}{v_{max}^2} \frac{\Delta\rho}{\rho}$ – модифицированное число Ричардсона для потока теплоносителя в объёме аккумулятора; $Ri_k = \frac{-gl}{W_i^2} \frac{\Delta\rho}{\rho}$ – модифицированное число Ричардсона для потока теплоносителя внутри коллектора.

Эта работа была выполнена при поддержке Министерства по инновационным технологиям Республики Узбекистан в рамках фундаментального гранта БВ-М-ФЗ-003.

Список литературы:

1. Даффи Дж. Основы солнечной теплоэнергетики. Пер. с англ.: Учебно-справочное руководство/ Дж. Даффи, У. Бекман. – Долгопрудный: Издательский дом «Интеллект», 2013. – 888 с.
2. Книга о «Солнце». Руководство по проектированию систем солнечного теплоснабжения. Издание 06/2010. www.viessmann.ua.
3. Документация по проектированию: гелиотехника Logasol для горячего водоснабжения и поддержки отопления. Издание 03/2013. www.buderus.ru.
4. Рашидов Ю.К. Оценка эффективности систем солнечного горячего водоснабжения с плоскими солнечными коллекторами при послойном нагреве теплового аккумулятора/ Ю.К. Рашидов // Фундаментальные и прикладные вопросы физики. Сборник тезисов докладов международной конференции, Ташкент 5-6 ноября, 2015, С.429-433.
5. Carvalho M.J. An Experimental Comparison of Operating Strategies for Solar Water Systems/ M.J. Carvalho, M. Collares-Pereira, F.M. Cunha, C. Vitorino // Solar Energy. V.41, 1988. - P. 33.
6. Рашидов Ю.К. Расчёт саморегулирующегося активного элемента стратификационного аккумулятора теплоты системы солнечного теплоснабжения/ Ю.К. Рашидов, А.У. Вохидов // Гелиотехника. – 2016. – №2. – С.16-23.
7. Талиев В.Н. Аэродинамика вентиляции: Учеб. Пособие для вузов/ В.Н. Талиев. - Москва: Стройиздат, 1979.-295 с.
8. Рашидов Ю.К. Расчет водораспределителя стратификационного аккумулятора тепла системы солнечного теплоснабжения / Ю.К. Рашидов // Гелиотехника. - 1983.- №2.- С.62-67.
9. Рашидов Ю.К. Расчетные кривые для проектирования водораспределителя стратификационного аккумулятора тепла системы солнечного теплоснабжения/ Ю.К.Рашидов // Гелиотехника, 1983, №5, С.55-58.
10. Рашидов Ю.К. Расчет водозаборного коллектора стратификационного аккумулятора тепла системы солнечного теплоснабжения/ Ю.К. Рашидов // Гелиотехника. – 1987. – №6, С.61-65.

DETERMINATION OF THE OPTIMAL AMOUNT OF CALCULATED LAYERS OF A MULTILAYERED WATER STRATIFICATION HEAT BATTERY AT CALCULATION OF SELF-REGULATING ACTIVE ELEMENT

Yu.K. Rashidov¹, M.M. Ismoilov², K.Yu. Rashidov³, Z.F. Fayziev⁴

¹Tashkent Architecture and Construction Institute,

Tashkent, 100011, Uzbekistan, e-mail: rashidov_yus@mail.ru

²Fergana Polytechnic Institute, Fergana, 150107, Uzbekistan

³Physical-technical institute NGO "Physics-Sun" of the Academy of Sciences of Uzbekistan, Tashkent, 100084, Uzbekistan

⁴Samarkand State Institute of Architecture and Construction, Samarkand, 140147, Uzbekistan

Abstract

The calculation method for a water distributor of a constant cross section uniformly perforated along the height for a multilayer stratified thermal storage tank used in solar heating and hot water supply systems was developed.

ПОВЫШЕНИЕ РАВНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТОКА ЖИДКОСТИ ПО ПОДЪЕМНЫМ ТРУБАМ ЛУЧЕПОГЛОЩАЮЩЕЙ ТЕПЛООБМЕННОЙ ПАНЕЛИ СОЛНЕЧНОГО ВОДОНАГРЕВАТЕЛЬНОГО КОЛЛЕКТОРА ЛИСТОТРУБНОГО ТИПА В УСЛОВИЯХ ПРИНУДИТЕЛЬНОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ ПРИ ДЕЙСТВИИ ОБЪЁМНЫХ СИЛ

Ю.К. Рашидов¹, М.М. Исмоилов², К.Ю. Рашидов³, З.Ф. Файзиев⁴

¹Ташкентский архитектурно-строительный институт,

г. Ташкент, 100011, Республика Узбекистан, e-mail: rashidov_yus@mail.ru

²Ферганский политехнический институт,

г. Фергана, 150107, Республика Узбекистан

³Физико-технический институт НПО «Физика-Солнце» АН РУз,

г. Ташкент, 100084, Республика Узбекистан

⁴Самаркандский государственный архитектурно-строительный институт,

г. Самарканд, 140147, Республика Узбекистан

Расчёт тепловых параметров солнечных водонагревательных коллекторов (СВК) и гелиоустановок, состоящих из их массива, обычно основывается на допущении о равномерном распределении расхода жидкости по подъёмным трубам [1,2,3]. При неравномерном распределении потока некоторые участки СВК, содержащие подъёмные трубы с малым расходом, могут иметь температуру, намного превышающую температуру участков с более высоким расходом жидкости. Поэтому для обеспечения высокой тепловой эффективности СВК равномерное распределение расхода жидкости по подъёмным трубам имеет большое значение.

Аналитические и экспериментальные исследования данной проблемы выполнены в [4, 5, 6], в которых оценено влияние неравномерности распределения потока жидкости в системе СВК на выработку тепла при различных (малых, средних и больших) удельных расходах и схемах соединения коллекторов между собой. Она имеет особенно значение для больших систем с принудительной циркуляцией, поскольку системы с естественной циркуляцией являются в какой-то степени саморегулирующимися и для них эта проблема не имеет решающего значения [1].

Цель данной работы – повышение равномерности распределения потока жидкости по подъёмным трубам лучепоглощающей теплообменной панели солнечного водонагревательного коллектора листотрубного типа в условиях принудительной циркуляции при действии объёмных сил.

Рассмотрим процесс раздачи воды конусным гидравлическим каналом длиной l , диаметром в начале d_n , а в конце d_o , вдоль которого в один ряд расположен пучок подъёмных труб с одинаковыми диаметрами $\delta_{тр}$ (рис.1, а).

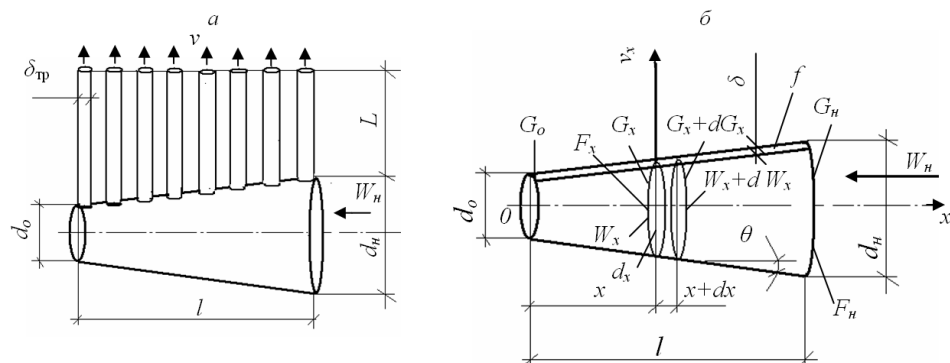


Рис. 1. Схема конусного гидравлического канала с однорядным пучком подъёмных труб (а) и с условной щелью постоянной ширины (б)

Примем начало координат у заглушенного конца канала (рис.1, б) и направим ось абсцисс навстречу потока воды. Заменим подъёмные трубы условной щелью постоянной ширины δ , на выходе из которой потери давления в местных сопротивлениях равновелики потерям давления на трение по длине пучка подъёмных труб, и проведем в канале два поперечных сечения на расстояниях x и $x+dx$ от заглушенного конца (рис.1, б).

Очевидно, уменьшение расхода воды внутри канала от сечения $x+dx$ к сечению x равно расходу воды, вытекающей через условную щель между этими сечениями. Обозначив расход воды в сечении x через G_x , а в сечении $x+dx$ через G_x+dG_x и нормальную скорость истечения из щели в сечении x через v_x , можем написать

$$dG_x = v_x \delta \frac{dx}{\cos \theta}. \quad (1)$$

Переходя, к производной получаем

$$G'_x = \frac{v_x \delta}{\cos \theta}. \quad (2)$$

Нормальная скорость воды в щели

$$v_x = \mu \sqrt{\frac{2}{\rho}(p_x - p_0)} = \mu \sqrt{\frac{2}{\rho} \Delta p_x}. \quad (3)$$

Составим применительно к сечениям x и $x+dx$ уравнение Бернулли:

$$\Delta p_x + d\Delta p_x + \frac{\rho W_x^2}{2} + d\left(\frac{\rho W_x^2}{2}\right) = \Delta p_x + \frac{\rho W_x^2}{2} + \frac{\lambda}{d_x} \frac{\rho W_x^2}{2} dx.$$

Сократив в левой и правой частях уравнения одинаковые члены и переходя к производным, получаем

$$\Delta p'_x + \rho W'_x W_x - \frac{\lambda}{d_x} \frac{\rho W_x^2}{2} = 0. \quad (4)$$

Выразим $\Delta p'_x$; W_x и W'_x через объёмный расход G_x . Из уравнения (3) и (2) следует

$$\Delta p'_x = \left(\frac{\rho v_x^2}{2\mu^2}\right)' = \frac{\rho}{2\mu^2} \left(\frac{G_x'^2 \cos^2 \theta}{\delta^2}\right)' = \frac{\rho \cos^2 \theta}{\mu^2 \delta^2} G'_x G_x''.$$

Величина $W_x = \frac{G_x}{F_x}$, отсюда беря производную находим, $W'_x = \frac{G'_x F_x - G_x F'_x}{F_x^2}$,

где F_x – площадь поперечного сечения канала в сечении x .

Подставляя в уравнение (4) величину $\Delta p'_x$, W_x и W'_x и деля на $\rho \cos^2 \theta / \mu^2 \delta^2$, будем иметь

$$G_x'' G_x' + \frac{\mu^2 \delta^2}{F_x^2 \cos^2 \theta} G'_x G_x - \frac{\mu^2 \delta^2}{F_x^2 \cos^2 \theta} \left(\frac{F'_x}{F_x} + \frac{\lambda}{2d_x}\right) G_x^2 = 0 \quad (5)$$

Введем обозначения:

$$\bar{G}_x = G_x / G_H; \quad \bar{F}_x = F_x / F_i; \quad \bar{d}_x = d_x / d_i; \quad \bar{x} = x / l.$$

Тогда

$$\begin{aligned} G_x &= G_H \bar{G}_x; \quad F_x = F_i \bar{F}_x; \quad d_x = d_i \bar{d}_x; \quad x = l \bar{x}; & G_x'' &= \frac{dG'_x}{dx} = \frac{G_i}{l^2} \cdot \frac{d\bar{G}'_x}{d\bar{x}} = \frac{G_i}{l^2} \bar{G}_x'' \\ G_x' &= \frac{dG_x}{dx} = \frac{G_i}{l} \cdot \frac{d\bar{G}_x}{d\bar{x}} = \frac{G_i}{l} \bar{G}_x'; & F_x' &= \frac{dF_x}{dx} = \frac{F_i}{l} \bar{F}_x' \end{aligned}$$

Подставляя найденные значения G_x, G'_x, G_x'', F_x и F'_x в (5) и умножая на l^3 / L_i^2 , получим следующее дифференциальное уравнение:

$$\bar{G}_x'' \bar{G}_x' + \frac{\mu^2 \bar{f}^2}{\bar{F}_x^2} \bar{G}_x' \bar{G}_x - \frac{\mu^2 \bar{f}^2}{\bar{F}_x^2} \left[\frac{\bar{F}'_x}{\bar{F}_x} + \frac{\lambda \bar{l}}{2\bar{d}_x} \right] \bar{G}_x^2 = 0, \quad (6)$$

где $\bar{f} = \frac{f}{F_n} = \frac{\delta l}{F_n \cos \theta}$; $\bar{l} = \frac{l}{d}$; $\bar{d}_0 = \frac{d_0}{d_n}$;

$$\bar{d}_x = \frac{d_x}{d_i} = \frac{d_0 + 2x \operatorname{tg} \theta}{d_i} = \frac{d_0 + 2x \frac{d_i - d_0}{2l}}{d_i} = \bar{d}_0 + (1 - \bar{d}_0) \bar{x}; \quad (7)$$

$$\bar{F}_x = \bar{d}_x^2 = [\bar{d}_0 + (1 - \bar{d}_0) \bar{x}]^2; \quad (8)$$

$$\bar{F}_x' = 2 [\bar{d}_0 + (1 - \bar{d}_0) \bar{x}] (1 - \bar{d}_0); \quad (9)$$

$$\text{Граничные условия при } \left. \begin{array}{l} \bar{x} = 0 \\ \bar{x} = 1 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \bar{G}_0 = 0 \\ \bar{G}_H = 1 \end{array} \quad (10)$$

В дальнейшем величину $\mu \bar{f}$ будем называть параметром условной щели, а $\lambda \bar{l}$ - параметром канала.

Уравнение (6) и условия (10) дают полную математическую формулировку рассматриваемой краевой задачи.

Допустим, что она решена, т.е. найден относительный объёмный расход воды внутри гидравлического канала

$$\bar{G}_x = \varphi(\mu \bar{f}, \lambda \bar{l}, \bar{d}_0, \bar{x}). \quad (11)$$

В таком случае относительная скорость истечения воды из условной щели составит

$$\bar{v}_x = \frac{v_x}{v_{cp}} = \frac{G_x' \cos \theta}{\delta v_{cp}} = \frac{G_i \cos \theta}{\delta v_{cp}} \bar{G}_x' = \bar{G}_x'. \quad (12)$$

Заметим, что при равномерной раздаче $\bar{v}_x = 1$, а относительный объёмный расход воды внутри канала $\bar{G}_x = \bar{x}$, т.е. линейно уменьшается по его длине от начала $\bar{G}_{\bar{x}=1} = 1$ до конца канала $\bar{G}_{\bar{x}=0} = 0$. Вследствие этого отклонение неравномерной раздачи воды от равномерной раздачи составит

$$r_x = \bar{v}_x - 1. \quad (13)$$

Установим зависимость r_x от величин $\mu \bar{f}$, $\lambda \bar{l}$, \bar{d}_0 и \bar{x} .

Аналитическое решение нелинейного дифференциального уравнения (6) с граничными условиями (10) весьма затруднено. В связи с этим его интегрирование было выполнено численным методом. В результате расчёта были получены таблицы с изменением r_x в зависимости от \bar{x} при различных значениях величин $\mu \bar{f}$, $\lambda \bar{l}$ и \bar{d}_0 .

Относительное отклонение неравномерной раздачи воды от равномерной по длине канала r_x в общем случае изменяется следующим образом: в конце канала r_x имеет значение r_0 , затем по мере увеличения \bar{x} величина r_x уменьшается и достигает минимума $r_{i\bar{e}i}$, после чего при дальнейшем увеличении \bar{x} величина r_x растёт и достигает в начале канала значение r_i .

По результатам расчёта при разных значениях \bar{d}_0 были построены графики относительного отклонения в конце, в сечении с наименьшей скоростью истечения и в начале канала: r_0 , $r_{мин}$, r_i . При этом наименьшие отклонения оказались у каналов с $\bar{d}_0 = 0,8$. Поэтому графики отклонения r_0 , $r_{i\bar{e}i}$, r_i приведены только для каналов с таким сужением (рис.2).

Как видно из графиков (рис.2), абсолютные значения r_0 , $r_{i\bar{e}i}$, r_i увеличиваются с увеличением параметра щели $\mu \bar{f}$. Отклонение r_n при $\lambda \bar{l} = 0$ отрицательно и с увеличением параметра $\lambda \bar{l}$ сначала убывает, достигая минимума при $\lambda \bar{l} = 1,5$, после чего увеличивается. Отклонение $r_{мин}$ всегда отрицательно и с увеличением параметра канала $\lambda \bar{l}$ только убывает. Отклонение r_0 при $\lambda \bar{l} = 0$ положительно и с увеличе-

нием параметра $\lambda \bar{l}$ сначала убывает, достигая минимума при $\lambda \bar{l} = 3$, после чего увеличивается.

Таким образом, параметр щели $\mu \bar{f}$ является наиболее важной величиной, с уменьшением численного значения которого относительное отклонение $r_{\bar{x}}$ неравномерной раздачи воды от равномерной по длине конусного канала уменьшается, т.е. при $\mu \bar{f} \rightarrow 0$, $r_{\bar{x}} \rightarrow 0$.

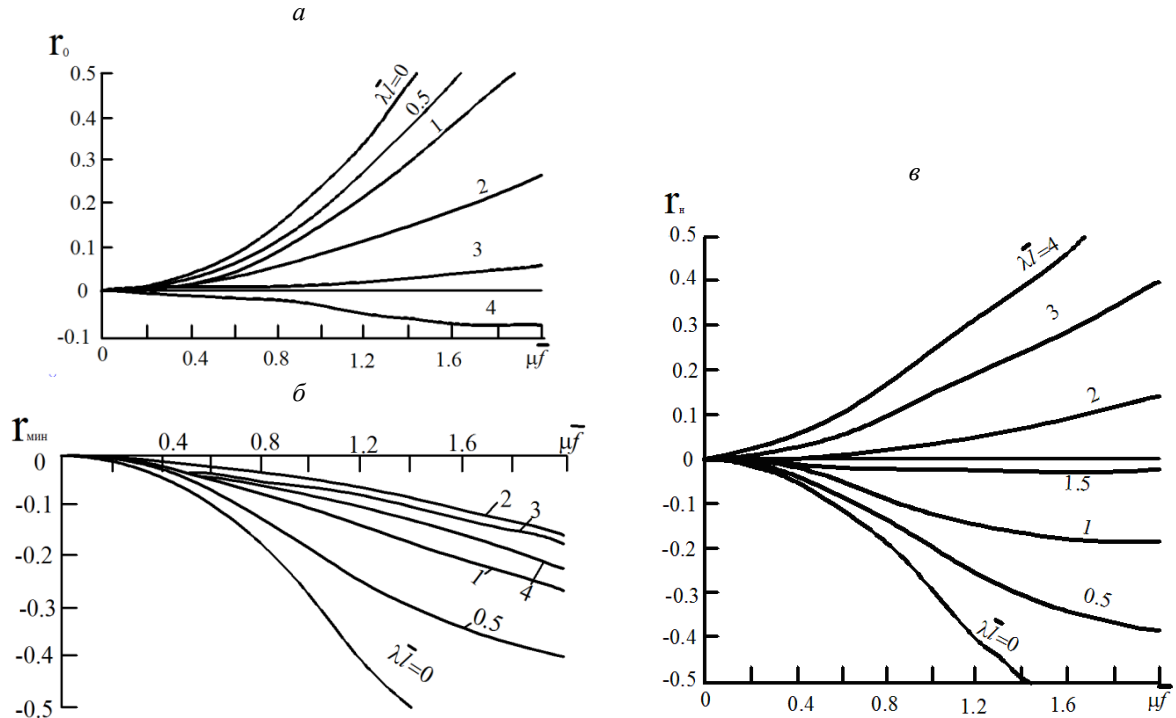


Рис.2. График изменения относительного отклонения в конце (а), в сечении с наименьшей скоростью истечения (б) и в начале (в) конусного канала с продольной щелью при $\bar{d}_o = 0,8$.

Поэтому при конструировании и проектировании, как отдельных коллекторов, так и систем СВК следует стремиться, чтобы выполнялось условие

$$\mu \bar{f} \rightarrow \min . \quad (14)$$

Выполнение условия (14) возможно при $\mu \rightarrow \min$ и при $\bar{f} \rightarrow \min$. Рассмотрим подробнее оба случая. Из зависимости (3) следует

$$\mu = \frac{v_x}{\sqrt{\frac{2\Delta p_x}{\rho}}} . \quad (15)$$

Из условия замены подъёмных труб условной щелью, на выходе из которой потери давления в местных сопротивлениях равновелики потерям давления на трение по длине L пучка подъёмных труб, можно записать

$$\Delta p_x = \frac{\lambda_{mp}}{\delta_{mp}} L \frac{\rho v_x^2}{2} . \quad (16)$$

Подставляя (16) в (15), находим

$$\mu = \sqrt{\frac{\delta_{mp}}{\lambda_{mp} L}} \quad (17)$$

Как следует из (17), $\mu \rightarrow \min$ при уменьшении диаметра подъёмных труб δ_{mp} и при увеличении их длины L , т.е. при увеличении их гидравлического сопротивления, что соответствует рекомендациям, приведённым в [6].

Из условия

$$\bar{f} = \frac{f}{F_n} \rightarrow \min \quad , \quad (18)$$

следует, что площадь сечения гидравлического канала F_n , должна существенно превышать общую площадь подъёмных труб f , что также соответствует рекомендациям, приведённым в [6].

Профилирование гидравлического канала по длине в виде его конусного сужения от начального d_n до конечного d_o диаметра, также способствует выравниванию распределения потока по его длине. При соотношении конечного d_o и начального d_n диаметров $\bar{d}_o = 0,8$ достигается минимальная неравномерность распределения потока..

Условные обозначения, принятые в статье:

d_n, d_o, d_x – соответственно диаметр в начале, в сечении x и в конце конусного канала, м; \bar{d}_o – относительный диаметр в конце канала; F_n, F_x – соответственно площади поперечного сечения в начале и в сечении x конусного канала, м²; f – площадь условной щели канала, м²; \bar{f} – относительная площадь условной щели канала; $L, \delta_{тр}$ – соответственно длина и диаметр подъёмных труб, м; l, δ – соответственно длина и ширина условной щели канала, м; $r_0, r_{мин}, r_i$ – относительное отклонение неравномерной раздачи воды от равномерной раздачи в конце, в сечении с наименьшей скоростью истечения и в начале канала, соответственно; W_n – скорость воды в начале канала, м/с; x – координата вдоль оси канала, м; v_x – скорость истечения воды из канала в сечении x , м/с; v_{cp} – средняя скорость истечения воды по длине канала, м/с; \bar{v}_x – относительная скорость истечения воды; λ, μ – коэффициенты трения и расхода канала; $\lambda_{тр}$ – коэффициент трения подъёмных труб; $\mu\bar{f}, \lambda\bar{l}$ – параметры канала и условной щели; ρ – плотность воды, кг/м³.

Эта работа была выполнена при поддержке Министерства по инновационным технологиям Республики Узбекистан в рамках фундаментального гранта БВ-М-ФЗ-003.

Список литературы:

1. Даффи Дж. Основы солнечной теплоэнергетики. Пер. с англ.: Учебно-справочное руководство/ Дж. Даффи, У. Бекман. – Долгопрудный: Издательский дом «Интеллект», 2013. – 888 с.
2. Авезова Н.Р. Зависимость коэффициента тепловых потерь лучепоглощающих теплообменных панелей плоских солнечных коллекторов для нагрева жидкого теплоносителя в окружающую среду от их средней рабочей температуры и температуры окружающей среды/ Н.Р.Авезова, Р.Р. Авезов //Гелиотехника.- 2015.- №1. – С. 14-19.
3. Авезова Н.Р. Бесконтактный метод определения средней рабочей температуры поверхности листотрубных лучепоглощающих теплообменных панелей плоских солнечных коллекторов для нагрева жидкого теплоносителя/ Н.Р. Авезова, Р.Р. Авезов // Гелиотехника.- 2015.- №2. – С. 3-6.
4. Weitbrecht V. Flow Distribution in Solar Collectors with Laminar Flow Conditions/ V. Weitbrecht, D. Lehmann, A. Richter // Solar Energy. V. 73. - 2002. – P.433.
5. Смирнов С.И. Влияние неравномерности распределения потока жидкости в системах солнечных коллекторов на выработку тепла/ С.И. Смирнов, Ю.А. Константиновский, А.С. Торшин // Гелиотехника. - 1981.- №1, С.24-28.
6. Dunkle R.V. Flow Distribution in Absorber Banks/ R.V. Dunkle, E.T. Davey // Paper presented at Melbourne International Solar Energy Society Conference, 1970.
7. Быстров П.И., Михайлов В.С. Гидродинамика коллекторных теплообменных аппаратов/ П.И. Быстров, В.С. Михайлов. - Москва: Энегоиздат, 1982. – 224 с.

**INCREASE OF DISTRIBUTION OF DISTRIBUTION OF LIQUID FLOW
ON THE LIFTING PIPES OF THE RADIATIVE HEAT-EXCHANGING
HEAT-EXCHANGE PANEL OF THE SOLAR WATER-HEATING MANIFOLDER
OF THE SHEET-TUBE TYPE IN CONDITIONS OF UNDER CONDITIONAL
IN THE CONDITIONS OF UNIFORM TYPE OF LEAF-TUBE TYPE
IN CONDITIONS**

Yu.K. Rashidov¹, M.M. Ismoilov², K.Yu. Rashidov³, Z.F. Fayziev⁴

¹Tashkent Architecture and Construction Institute,

Tashkent, 100011, Uzbekistan, e-mail: rashidov_yus@mail.ru

²Fergana Polytechnic Institute, Fergana, 150107, Uzbekistan

*³Physical-technical institute NGO "Physics-Sun" of the Academy of Sciences
of Uzbekistan, Tashkent, 100084, Uzbekistan*

*⁴Samarkand State Institute of Architecture and Construction,
Samarkand, 140147, Uzbekistan*

Abstract

Quantitative ratios and calculated dependences between design parameters allowing improvement of the flow distribution uniformity over riser pipes of the beam-absorbing heat exchanger of the solar water heating plate-type collector with forced circulation were determined.

САМОДРЕНИРУЕМЫЕ ГЕЛИОУСТАНОВКИ: ОСОБЕННОСТИ ЗАЩИТЫ ОТ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ УДАРОВ ПРИ ПУСКЕ И ОСТАНОВКЕ ЦИРКУЛЯЦИОННЫХ НАСОСОВ

Ю.К. Рашидов¹, Ш.Ш. Каршиев¹, К.Ю. Рашидов², Ж.Т. Орзиматов¹

¹Ташкентский архитектурно-строительный институт,
г. Ташкент, 100011, Республика Узбекистан, e-mail: rashidov_yus@mail.ru

²Физико-технический институт НПО «Физика-Солнце» АН РУз,
г. Ташкент, 100084, Республика Узбекистан

Одним из направлений совершенствования конструкций водяных систем солнечного теплоснабжения является применение в них самодренируемых гелиоустановок (СДГ) с опорожнением солнечных коллекторов (СК) при остановке циркуляционных насосов [1, 2]. Данное техническое решение позволяет избежать разрушения СК вследствие замерзания в них воды зимой, в ночное время при отрицательных температурах наружного воздуха, и летом из-за её вскипания и повышения давления водяных паров выше допустимых значений при отсутствии циркуляции теплоносителя в системе в режиме стагнации. Благодаря своей простоте и многочисленным преимуществам по сравнению с другими типами солнечных водонагревателей, работающих при атмосферном давлении, СДГ нашли широкое применение на практике [3, 4].

Однако, следует заметить, что штатный режим работы СДГ связан с ежедневным пуском и остановкой циркуляционных насосов гелиоконтра. При этом каждое заполнение и дренирование СК может сопровождаться гидравлическими ударами в трубопроводной сети гелиоконтра, вследствие резкого изменения скорости движения теплоносителя [2, 3].

Рассмотрим, в каких пределах может изменяться максимальное значение скорости движения теплоносителя при дренировании СДГ.

Работа СДГ для стационарного режима описывается уравнением Бернулли [2]:

$$p_1 + \rho g h_1 + \rho v_1^2 / 2 = p_2 + \rho g h_2 + \rho v_2^2 / 2 = const, \quad (1)$$

где: p_1 - статическое давление в нижней части гелиоустановки, Па;

p_2 - статическое давление в верхней части (в солнечных коллекторах) гелиоустановки, Па;

ρ - плотность теплоносителя, кг/м³;

g - ускорение свободного падения, м/с²;

h_1 и h_2 - высота столба теплоносителя в нижней и верхней части СДГ, м;

v_1 и v_2 , - скорости движения теплоносителя, м/с.

$\rho g h_1$ и $\rho g h_2$ — гидростатические давления, Па;

$\rho v_1^2 / 2$ и $\rho v_2^2 / 2$ — динамические давления, Па.

При равенстве сечений циркуляционных трубопроводов в нижней и верхней частях СДГ, т.е. когда $v_1 = v_2$, выражение (1) упрощается и статическое давление в нижней части гелиоконтра определяется по формуле [2]:

$$p_1 = p_2 + \rho g (h_2 - h_1). \quad (2)$$

При дренировании теплоносителя из гелиоконтра в дренажный бак, находящийся под атмосферным давлением, скорость истечения v с учётом полных потерь напора в трубах гелиоконтра ζ_f можно определить из следующего выражения [5]:

$$v = \frac{1}{\sqrt{1 + \zeta_f}} \sqrt{2gH}, \quad (3)$$

где $H = h_2 - h_1$ - геометрическая высота СДГ, м;

ζ_f – полный коэффициент сопротивления, учитывающий все потери напора как по длине последовательно соединенных дренируемых участков трубопровода гелиоконтура, так и в его местных сопротивлениях:

$$\zeta_f = \zeta_l + \sum \zeta_j, \quad (4)$$

ζ_l – коэффициент сопротивления по длине трубопровода гелиоконтура,

$$\zeta_l = \frac{\lambda l}{D}, \quad (5)$$

λ – коэффициент трения трубы гелиоконтура;

D – диаметр трубы гелиоконтура;

l – диаметр трубы гелиоконтура;

$\sum \zeta_j$ – сумма коэффициентов местного сопротивления на дренируемых участках гелиоконтура и на входе в дренажный бак.

Зная геометрическую высоту СДГ H и полный коэффициент сопротивления ζ_f по формуле (3) можно рассчитать величину v скорости движения теплоносителя при дренировании или при наполнении системы водой для применяемых на практике гелиоустановок. В работе [6] представлены характеристики СДГ 16-ти ведущих мировых производителей. Основные отличия этих гелиоустановок друг от друга состоят в конструкции дренажного бака (отдельный или интегрированный с баком-аккумулятором), протяжённости гелиоконтура (от 20 до 40 м) и его геометрической высоте, т.е. разности отметок H (от 5 до 25 м), площади SK и вида теплоносителя. Диаметры трубопроводов, их материал, способы соединения с дренажным баком в работе [6] не приведены. Поэтому уравнением (3) целесообразно пользоваться при расчёте конкретных СДГ, когда эти данные закладываются в процессе проектирования установки.

Однако, для оценки опасности возникновения гидравлических ударов достаточно определить пределы изменения максимального значения скорости движения теплоносителя при дренировании СДГ. При этом пренебрегая величиной полного коэффициента сопротивления, приняв $\zeta_f=0$, т.е. считая потери напора по длине и в местных сопротивлениях СДГ, равными нулю, из (3) получим:

$$v_{max} = \sqrt{2gH}, \quad (6)$$

где v_{max} – максимальное значение скорости движения теплоносителя при дренировании СДГ, когда отсутствуют потери напора по длине и в местных сопротивлениях гелиоконтура, м/с.

Так например, при высоте гелиоустановок $H=5\div 25$ м [6], максимальная скорость движения теплоносителя при дренировании составит $v_{max} = 9,9\div 22,2$ м/с, т.е. более, чем в 10÷15 раз превышает допустимую скорость движения воды в системах теплоснабжения $v_{don} = 1\div 1,5$ м/с [8]. Таким образом, имеется реальная опасность возникновения гидравлического удара при быстром снижении максимальной скорости движения теплоносителя при дренировании с $v_{max} = 9,9\div 22,2$ м/с до нуля.

Для сокращения расхода электроэнергии на циркуляцию теплоносителя в СДГ в работе [2] предложена установка обратных клапанов у насосов и на сливном трубопроводе перед баками специального клапана с электроприводом, алгоритм включения которого рассчитан из условий предотвращения гидроударов.

Предложенное решения, кроме усложнения СДГ установкой дополнительных клапанов и дополнительного расширительного бака, противоречит самому принципу самодренирования и повышают вероятность возникновения гидравлических ударов в системе из-за установки обратных клапанов.

Как известно гидравлический удар возникает при резкой остановке движения теплоносителя. Поэтому насос без установки обратного клапана является менее опасным с точки зрения возникновения гидравлического удара. Если обратный клапан резко останавливает поток, то насос при отключении электроэнергии некоторое время продолжает сбавлять свои обороты, а затем начинает пропускать поток через себя в обратном направлении без его резкой остановки. Таким образом, условия воз-

никновения гидравлических ударов из-за остановки насоса могут быть сведены к минимуму.

Для разработки способов защиты СДГ от гидравлических ударов при пуске и остановке циркуляционных насосов рассмотрим подробнее, что такое гидравлический удар и возможные причины его возникновения применительно к самодренируемым гелиоустановкам.

Гидравлическим ударом называется внезапное повышение или снижение давление жидкости внутри трубопровода, вызванное любым резким изменением скорости её течения. Гидравлические удары возникают при пуске и остановке насосов при открытой задвижке на напорной линии, а также при быстром открытии или закрытии регулирующих органов на водоводах и от других причин.

Применительно к СДГ при пуске и остановке циркуляционных насосов гидравлический удар можно охарактеризовать также как тенденцию к трансформации кинетической энергии жидкости $\rho v^2/2$ в потенциальную энергию, т.е. давление p . Во время такой трансформации могут образовываться ударные волны, которые, проходя по трубопроводу, способны повредить участок трубы далеко от источника возникновения волн.

Таким образом, штатный режим работы СДГ, предусматривающий пуск и остановку циркуляционных насосов уже сам по себе связан с трансформацией кинетической энергии жидкости в потенциальную энергию. Поэтому гидравлический удар в такой системе является неизбежным следствием самого штатного режима работы СДГ.

Следует чётко понимать, что общая энергия гидравлического удара в СДГ потенциально остаётся постоянной и определяется высотой гелиоустановки H , т.е. вертикальным расстоянием между уровнями в которой осуществляется заполнение и дренирование системы.

Поэтому способы защиты СДГ от повреждения его трубопроводов могут основываться на двух принципиально различных подходах:

- на гашении общей энергии гидравлического удара путём увеличения времени процесса, снижении его мощности и максимального давления, а также максимального усилия, воздействующего на стенки трубы;

- на сохранении общей энергии гидравлического удара и плавной реверсивной её трансформации с кинетической энергии жидкости в потенциальную энергию, и обратно.

Рассмотрим факторы, влияющие на силу гидравлического удара в СДГ.

Эластичные стенки трубопровода значительно снижают силу гидроудара, достаточно легко увеличивая объём трубы или шланга в месте остановки жидкости.

Если труба заполнена воздухом и по мере продвижения жидкости он не успевает покинуть трубу с нужной скоростью, это также способно предотвратить сильный гидроудар, поскольку в этом случае воздух играет роль пневматического амортизатора, в котором плавно повышается давление, и потому он оказывает всё большее сопротивление, движению жидкости, постепенно замедляя её. Именно эти принципы использует большинство устройств для защиты трубопроводов от гидроударов.

Приведённые способы гашения силы гидравлического удара не являются кардинальными для СДГ, так как они являются общими и не связаны с особенностями штатного режима работы СДГ, принцип действия которого основан на трансформации кинетической энергии жидкости в потенциальную энергию.

Отсюда следует, что кардинальным решением проблемы гидравлического удара для СДГ должно быть решение, которое само основывается на трансформации кинетической энергии жидкости в потенциальную энергию. Таким решением является применение в СДГ активного элемента в виде трубы Вентури [4, 9], в которой происходит плавный переход кинетической энергии жидкости в потенциальную и об-

ратно, благодаря её особой форме, позволяющей с наименьшими потерями осуществлять трансформацию энергии жидкости из одной формы в другую.

Применение в СДГ трубы Вентури исключает необходимость гашения энергии гидравлического удара, благодаря плавному изменению скорости в трубе Вентури и при трансформации кинетической энергии в потенциальную энергию, и обратно.

Таким образом, в СДГ для борьбы с гидравлическими ударами можно выделить два принципиально разных подхода:

- пассивный метод, основанный на гашении общей энергии гидравлического удара, т.е. силы гидравлического удара (выполнение эластичным стенок трубопроводов, использование пневматических амортизаторов, перфорированных мембран для гашения скорости и т.д.);

- активный метод, основанный на сохранении общей энергии гидравлического удара и плавной реверсивной её трансформацией в активном элементе (в трубе Вентури) с кинетической энергии жидкости в потенциальную и обратно.

Эта работа была выполнена при поддержке Министерства по инновационным технологиям Республики Узбекистан в рамках фундаментального гранта БВ-М-ФЗ-003 и прикладного гранта ФА-Атех-2018-421.

Список литературы:

1. Бутузов В.А. Самодренируемые гелиоустановки / В.А. Бутузов, Е.В. Брянцева, В.В. Бутузов, И.С. Гнатюк // Альтернативная энергетика и экология – 2010. – №2, – С.10-14.
2. Бутузов В.А. Самодренируемые гелиоустановки: мировой и российский опыт разработки и сооружения / В.А. Бутузов, В.В. Бутузов, Е.В. Брянцева, И.С. Гнатюк // СОК.- 2017. - №2. – С.54-57.
3. Botpaev R. Drainback systems: market overview/ R. Botpaev, K.Vajen // 11. Internationale Konferenz fur solares Heizen und Kuehlen. – Gleisdorf, Austria. – 2014.
4. Рашидов Ю.К. Повышение надёжности и эффективности самодренируемых водяных систем солнечного теплоснабжения/ Ю.К. Рашидов, Ш.Ю. Султанова, Х.Т. Суръатов // Гелиотехника.- 2017.- №1.-С.30-37.
5. Чугаев Р.Р. Гидравлика: Учебник для вузов. - 4-е изд., доп. и перераб. – Л.: Энергоиздат, 1982. – 672 с.
6. Berner J. Drainback systems: empty and safe / J. Berner // Sun, Wind Energy. - 2008. - № 5. p.48-53.
7. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети.- М.: Энергоиздат. 1982. – 360 с.
8. Рашидов Ю.К. Особенности проектирования самодренируемой гелиоустановки с активным элементом/ Ю.К. Рашидов, К.Ю. Рашидов, И.И. Мухин, Х.Т. Суръатов //Гелиотехника.- 2018.- №2. С. 21-27.

SELF-DRAINING SOLAR POWER PLANTS: FEATURES OF PROTECTION AGAINST HYDRAULIC IMPACT ON STARTING AND STOPPING OF CIRCULATION PUMPS

Yu.K. Rashidov¹, Sh.Sh. Karshiev¹, K.Yu. Rashidov², J.T. Orzimatov¹

¹*Tashkent Architecture and Construction Institute,*

Tashkent, 100011, Uzbekistan, e-mail: rashidov_yus@mail.ru

²*Physical-technical institute NGO "Physics-Sun" of the Academy of Sciences of Uzbekistan, Tashkent, 100084, Uzbekistan*

Abstract

The features of protection of self-draining solar power plants against hydraulic shocks during start and stop of circulation pumps are considered. The limits of variation of the maximum value of the velocity of the coolant during drainage for self-draining solar power plants of 16 leading global manufacturers have been determined. The relationship between the flow rate of the coolant from the solar circuit into the drainage tank and the geometric

height of the self-drained solar circuit is obtained, taking into account the total pressure loss in the solar circuit pipes. It is shown that with the height of solar stations $H = 5 \div 25$ m, the maximum flow rate of the coolant during drainage is $v_{\max} = 9.9 \div 22.2$ m / s. This is 10 \div 15 times higher than the allowable speed of water in heating systems, so there is a real danger of water hammer when the maximum speed of the coolant drops rapidly when drained.

The factors affecting the force of hydraulic shock in self-draining solar power plants are considered. The methods of damping the force of water hammer are given. It is noted that a fundamental solution to the protection against water hammer for self-draining solar power plants is the principle based on the transformation of the kinetic energy of a liquid into potential energy. For this, it is recommended to use the active element in the form of a Venturi tube.

ВОЗДУШНЫЕ СОЛНЕЧНЫЕ КОЛЛЕКТОРЫ: ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ В УСЛОВИЯХ УЗБЕКИСТАНА

Ю.К. Рашидов¹; Ж.Т. Орзиматов¹; М.М. Исмоилов²

¹Ташкентский архитектурно-строительный институт,
г. Ташкент, 100011, Республика Узбекистан, e-mail: rashidov_yus@mail.ru

²Ферганский политехнический институт,
г. Фергана, 150107, Республика Узбекистан

В настоящее время в гелиотехнике основная задача это создание экономически конкурентоспособных солнечных установок по сравнению с традиционными системами. Решение проблемы идет в двух основных направлениях – повышение КПД и уменьшение стоимости основного элемента гелиоустановок – солнечного коллектора (СК). Сложность решения этих задач обусловлены особенностями солнечного источника энергии - малая энергетическая плотность, что приводит к значительным габаритам, материалоемкости и соответственно высокой стоимости солнечных установок. Малые плотности потоков приводят и к сложностям их тепловой оптимизации. Следует заметить, что за последние 15 лет массогабаритные характеристики и параметры теплотехнического совершенства жидкостных плоских солнечных коллекторов практически не изменились, являются достаточно хорошо отработанными в мировой практике и вышли на параметры близкие к предельным [1].

В связи с этим, в последние годы растет интерес к солнечным воздушным коллекторам (СВК). Это обусловлено их простотой по сравнению с водонагревательными солнечными коллекторами и надежностью в эксплуатации. Отсутствием необходимости защиты СВК от замерзания зимой и вскипания теплоносителя летом. Существенный недостаток СВК это то, что из-за малой теплоемкости воздуха необходимы большие объемы его прокачки через коллектор, что требует больших затрат электроэнергии.

СВК менее изучены, чем жидкостные СК. Их массогабаритные характеристики и параметры теплотехнического совершенства не доведены до предельных значений, так как имеются определенные резервы по интенсификации теплообменных процессов в воздушных каналах. Например, путём усиления перемешивания воздушного потока периодически расположенными турбулизаторами, и сокращения тем самым толщины гидродинамического пограничного слоя и увеличение коэффициента теплоотдачи поверхности. Другим недостатком, сдерживающим широкое использование СВК на практике, является сезонная их загруженность. В частности, в воздушных системах отопления зданий, они используются только на протяжении отопительного периода, что в условиях Узбекистана означает их простой в течение 7÷7,5 месяцев в году. Аналогичная ситуация обстоит при применении СВК для сушки продуктов сельского хозяйства, когда они используются только в осенний период и простаивают в остальное время года. Поэтому определение области применения и разработка технических решений систем, а также конструкции воздушного солнечного коллектора с повышенной теплотехнической эффективностью для круглогодичного теплоснабжения зданий в условиях Узбекистана является актуальной задачей.

Цель настоящей статьи – оценка перспектив применения и разработка конструкции солнечного воздушного коллектора с повышенной теплотехнической эффективностью для круглогодичного теплоснабжения зданий в условиях Узбекистана.

Для реализации поставленной цели перспективными представляются комбинированные системы солнечного теплоснабжения, в которых СВК используются как для отопления зданий, так и для горячего водоснабжения (ГВС) потребителей, которое имеет круглогодичную тепловую нагрузку.

Однако, следует отметить, что системы горячего водоснабжения с солнечными коллекторами в последнее годы, из-за резкого падения стоимости фотоэлектрических модулей [2], начинали вытесняться фотоэлектрическими установками, которые обладают определёнными преимуществами [3] по сравнению с тепловыми установками. Это отсутствие теплоносителя в генерирующем контуре, трубопроводной сети, промежуточных теплообменников, циркуляционных насосов, необходимость мер по защите контура от замерзания зимой и перегрева летом, удобство и простота монтажа, повышение эффективности фотоэлектрических модулей при снижении температуры окружающего воздуха, независимость эффективности нагрева воды электронагревателем от температуры воды и т.д. [2, 3].

КПД выпускаемых фотоэлектрических модулей постоянно растёт [2]. Если в 2006-2008 гг. для монокристаллических фотоэлектрических модулей высоким показателем считались 13÷15 % [4], сейчас за счёт внедрения новых пассивирующих и просветляющих покрытий, а также оптимизации контактных структур КПД вырос до 17÷18 % [5], а у отдельных производителей, использующих существенно более дорогие и развитые технологии, - до 19÷22 % [6]. Эти значения КПД соответствуют наилучшей эффективности работы фотоэлектрических модулей, наблюдаемой обычно при их температуре около 25 °С. В зависимости от местонахождения, повышенная температура может снижать эффективность фотоэлектрических модулей на 10-15%.

Учитывая тенденцию широкого применения в последнее время фотоэлектрических установок в системах горячего водоснабжения [2], а также их особенность работы в условиях жаркого климата Узбекистана, когда требуется их охлаждение в летний период года для обеспечения высокого КПД, перспективным представляется применение для этой цели СВК.

Сейчас набирает популярность комбинация солнечного фотовольтаического коллектора (PV-панели) и расположенного снизу СВК (рис.1). Суть этого метода заключается в рекуперации тепла, отбираемого с нижней (затененной) стороны PV-модулей (его часто бывает в 3 – 4 раза больше, чем электроэнергии, произведенной модулем).



Рис.1. Комбинированный солнечный воздушный коллектор с отбором тепла от фотоэлектрических модулей для теплоснабжения зданий

Здесь имеется очевидное техническое преимущество – помимо получения электричества от PV-панели, а от СВК – тепловой энергии (когенерация), отбор и рекуперация тепла воздушным коллектором улучшает режим работы и КПД PV-модуля. СВК позволяет PV-системе работать ближе к его наилучшей эффективности (обычно это около 25 °С). Это уменьшает общий период окупаемости всей комбинированной системы. Избыточное тепло, которое поступает в помещение «не вовремя», можно сбросить в емкость горячего водоснабжения. Если СВК имеют большую площадь,

причем располагаются на стенах, по-разному ориентированным по сторонам света, то имеет смысл установить систему автоматики, следящую за работой системы. На рынке представлен большой выбор различных универсальных датчиков и программируемых контроллеров, которые можно подобрать к вентилятору с переменной скоростью.

В заключение следует заметить, что воздух как теплоноситель имеет меньшую теплопроводность и теплоёмкость по сравнению с водой. Поэтому для повышения интенсивности теплообмена на нижней поверхности PV-панели следует предусмотреть конструктивные меры улучшающие теплоотдачу от поверхности к воздуху. Одним из путей для этого является применение периодически расположенных турбулизаторов [7] повышающих эффективность плоских солнечных воздушных коллекторов путём интенсификации теплообмена.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства по инновационным технологиям Республики Узбекистан в рамках фундаментального гранта БВ-М-Ф3-003.

Список литературы:

1. Фрид С.Е. Современные солнечные коллекторы: типичные параметры и тенденции их изменения/ С.Е. Фрид, Н.В. Лисицкая // Гелиотехника. – 2018. – №2. – С.27-37.
2. Фрид С.Е. Использование фотобатарей для горячего водоснабжения – опыт и перспективы/ С.Е. Фрид, А.Б. Тарасенко // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» (ISJAEE). – 2018. – №16-18. – С.23-38.
3. Morris, G. Heating water, not as simple as it used to be / G. Morris // Solar Progress. – 2014. – No.2. – P. 30–32.
4. Płaczek-Popko, E. Top PV market solar cells 2016 / E. Płaczek-Popko // Opto-Electronics Review. – 2017. – Vol. 25. – No. 2. – P. 55–64.
5. Skandalos, N. PV glazing technologies / N. Skandalos, D. Karamanis // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2015. – Vol. 49. – P. 306–322.
6. Тарасенко, А.Б. Промышленные технологии фотоэнергетики и возможные пути их развития в России (обзор). Ч. 2. Модификации технологий производства фотоэлектрических преобразователей, совершенствование контактных структур и выбор перспективных технологий для расширения производства ФЭП в России / А.Б. Тарасенко, О.С. Попель // Теплоэнергетика. – 2015. – № 12. – С. 29–39.
7. Калинин Э.К. Интенсификация теплообмена в каналах/ Э.К.Калинин, Г.А. Дрейцер, С.А. Ярхо.- М.: Машиностроение. 1990.-208 с.

AIR SOLAR COLLECTORS: PROSPECTS OF APPLICATION UNDER THE CONDITIONS OF UZBEKISTAN

Yu.K. Rashidov¹, J.T. Orzimatov¹, M.M. Ismoilov²

¹Tashkent Architecture and Construction Institute,

Tashkent, 100011, Uzbekistan, e-mail: rashidov_yus@mail.ru

²Fergana Polytechnic Institute, Fergana, 150107, Uzbekistan

Abstract

The features of the use of solar air collectors with heat extraction from photovoltaic modules for heating and hot water supply of buildings in hot climates are considered.

The purpose of the work is to assess the prospects of the application and design of the solar air collector with increased heat engineering efficiency for year-round heating of buildings under the conditions of Uzbekistan.

To increase the intensity of heat transfer on the lower surface of the PV-panel, constructive measures have been proposed that improve heat transfer from the surface to the air. For this purpose, intermittently arranged turbulizers are used, which increase the efficiency of flat solar air collectors by intensifying heat exchange.

**МЕТОД ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАСЧЁТА ТЕПЛООБМЕННОЙ ПАНЕЛИ
СОЛНЕЧНОГО ВОДОНАГРЕВАТЕЛЬНОГО КОЛЛЕКТОРА
ЛИСТОТРУБНОГО ТИПА С ЗАДАННОЙ НЕРАВНОМЕРНОСТЬЮ
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТОКА ЖИДКОСТИ В УСЛОВИЯХ
ПРИНУДИТЕЛЬНОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ**

Ю.К. Рашидов¹, Ж.Т. Орзиматов¹, К.Ю. Рашидов², З.Ф. Файзиев³

¹Ташкентский архитектурно-строительный институт,

г. Ташкент, 100011, Республика Узбекистан, e-mail: rashidov_yus@mail.ru

²Физико-технический институт НПО «Физика-Солнце» АН РУз,

г. Ташкент, 100084, Республика Узбекистан

³Самаркандский государственный архитектурно-строительный институт,

г. Самарканд, 140147, Республика Узбекистан

Стандартные конструктивные расчёты и определение тепловой эффективности солнечных коллекторов основаны на предположении о равномерном распределении потока по всем подъёмным трубам нагревательной системы с одним или несколькими коллекторами [1]. При неравномерном распределении потока некоторые участки коллектора, содержащие трубы с малым расходом, могут иметь температуру, намного превышающую температуру участков с более высоким расходом жидкости. Это отрицательно сказывается на общей тепловой эффективности, как отдельно взятого коллектора, так и системы солнечных коллекторов. Поэтому важнейшей задачей, которую приходится решать при проектировании систем солнечных коллекторов, является обеспечение равномерного распределения расхода теплоносителя по подъёмным трубам. Поскольку идеальной равномерности распределения расхода теплоносителя практически достичь невозможно, при проектировании обычно требуется обеспечить заданную гидравлическую неравномерность, при которой её влиянием на тепловую эффективность можно пренебречь.

В [2] установлены количественные соотношения и расчётные зависимости между конструктивными параметрами, позволяющие повысить равномерность распределения потока жидкости в системе солнечных коллекторов в условиях принудительной циркуляции. При этом повышения равномерности распределения потока жидкости в системе солнечных коллекторов в условиях принудительной циркуляции можно достичь следующими способами:

- 1) увеличением площади сечения (диаметров) раздающих и сборных гидравлических коллекторов;
- 2) увеличением гидравлического сопротивления подъёмных труб путём уменьшения их диаметра и увеличения длины;
- 3) профилированием коллекторов по длине путём их сужения в направлении движения потока.

Цель данной работы – разработка метода гидравлического расчёта теплообменной панели солнечного водонагревательного коллектора листотрубного типа с заданной неравномерностью распределения потока жидкости в условиях принудительной циркуляции, на основе ранее полученных расчётных зависимостей [2].

Приведённые в [2] зависимости позволяют предложить следующую методику расчета теплообменной панели солнечного водонагревательного коллектора листотрубного типа с заданной гидравлической неравномерностью распределения потока жидкости в условиях принудительной циркуляции.

При расчёте заданными величинами являются (рис.1): длина канала l , начальный диаметр d_n и абсолютная шероховатость k внутренней поверхности раздающего гид-

равлического коллектора теплообменной панели и подъёмных трубок, длина подъёмных труб L и их количество n , площадь теплообменной панели F_k , удельный расход теплоносителя g , температура теплоносителя на входе t_{ex} и выходе $t_{вых}$ из теплообменной панели и относительное отклонение r неравномерной раздачи воды от равномерной раздачи.

Искомыми величинами являются: внутренний диаметр подъёмных трубок $\delta_{тр}$ и гидравлическое сопротивление коллектора теплообменной панели Δp .

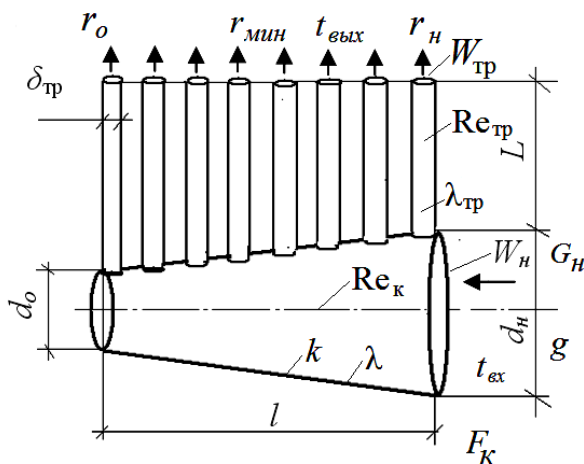


Рис.1. Расчётная схема теплообменной панели солнечного водонагревательного коллектора листотрубного типа с заданной гидравлической неравномерностью распределения потока жидкости в условиях принудительной циркуляции

Расчет ведется в два этапа: предварительный и окончательный.

В предварительном этапе:

1) **находят** площадь поперечного сечения в начале конусного канала

$$F_n = \frac{\pi d_n^2}{4}, \quad (1)$$

2) определяют расход теплоносителя на входе в конусный канал

$$G_n = g F_k; \quad (2)$$

3) вычисляют скорость теплоносителя в начале канала

$$W_n = \frac{G_n}{3600 \rho F_n}; \quad (3)$$

4) рассчитывают критерий Рейнольдса для конусного канала

$$Re_k = \frac{W_n d_n}{\nu}; \quad (4)$$

5) определяют коэффициент сопротивления трения с учётом абсолютная шероховатость k внутренней поверхности раздающего гидравлического коллектора:

- для ламинарного режима при $Re_k < 2300$ по формуле Пуазейля [3]

$$\lambda = \frac{64}{Re_k}; \quad (5)$$

- для турбулентного режима по формуле А.Д. Альтшуля [3]

$$\lambda = 0,11 \sqrt[4]{\frac{68}{Re_k} + \frac{k}{d_n}}; \quad (5a)$$

6) вычисляют значение безразмерного параметра канала

$$\lambda \bar{l} = \lambda \frac{l}{d_n}; \quad (6)$$

7) по заданному значению относительного отклонения r неравномерной раздачи воды от равномерной раздачи и найденному числовому значению безразмерного параметра канала $\lambda \bar{l}$ по графикам изменения относительного отклонения в конце r_o , в сечении с наименьшей скоростью истечения $r_{мин}$, и в начале r_n конусного коллектора с продольной щелью при $\bar{d}_o = 0,8$, находят числовые значения величины параметра

условной щели $\mu\bar{f}$ соответственно для r_o , $r_{мин}$ и r_n . Из найденных трёх значений $\mu\bar{f}$ выбирают наименьшее значение параметра условной щели $(\mu\bar{f})_{мин}$ для дальнейшего расчёта;

8) задаются расчётным значением коэффициента расхода канала $\mu_{рас}$ (обычно $\mu_{рас}=0,1\div 0,4$) и находят величину относительная площадь условной щели канала

$$\bar{f} = \frac{(\mu\bar{f})_{мин}}{\mu_{рас}}; \quad (7)$$

9) рассчитывают площадь условной щели канала

$$f = \bar{f} F_n; \quad (8)$$

10) определяют внутренний диаметр подъёмных труб

$$\delta_{тр} = 2 \sqrt{\frac{f}{\pi n}}; \quad (9)$$

11) вычисляют скорость теплоносителя в подъёмных трубах

$$W_{тр} = \frac{4G_n}{3600 \rho \pi n \delta_{тр}^2}; \quad (10)$$

12) рассчитывают критерий Рейнольдса для подъёмных труб

$$Re_{тр} = \frac{W_{тр} \delta_{тр}}{\nu}; \quad (11)$$

13) определяют коэффициент сопротивления трения с учётом абсолютная шероховатость k внутренней поверхности для подъёмных труб:

- для ламинарного режима при $Re_{тр} < 2300$ по формуле Пуазейля [3]

$$\lambda = \frac{64}{Re_{тр}}; \quad (12)$$

- для турбулентного режима по формуле А.Д. Альтшуля [3]

$$\lambda = 0,11^4 \sqrt{\frac{68}{Re_{тр}} + \frac{k}{d_n}}; \quad (12a)$$

14) вычисляют фактическое числовым значением коэффициента расхода канала

$$\mu_{фак} = \sqrt{\frac{\delta_{тр}}{\lambda_{тр} L}}; \quad (13)$$

15) сравнивают ранее принятое расчётное $\mu_{рас}$ и полученное фактическое значение $\mu_{фак}$. Если

$$\mu_{рас} \approx \mu_{фак}. \quad (14)$$

переходят к окончательному этапу расчёту.

Если

$$\mu_{рас} \neq \mu_{фак}, \quad (15)$$

то, задавшись новым расчётным значением $\mu_{рас}$ повторяют расчёт с восьмого пункта, т.е. с формулы (7). Расчёты продолжают до тех пор пока не выполниться условие (11).

В окончательном этапе:

16) находят диаметр в конце конусного канала

$$d_o = 0,8 d_n; \quad (16)$$

17) определяют коэффициент местного сопротивления теплообменной панели

$$\zeta_n = 1 + \frac{(1+r_n)^2}{\mu^2 \bar{f}^2}; \quad (17)$$

18) находят гидравлическое сопротивление коллектора теплообменной панели

$$\Delta p = \zeta_n \frac{\rho W_n^2}{2}. \quad (18)$$

Пример расчёта. Рассчитать теплообменную панель солнечного водонагревательного коллектора листотрубного типа с заданной неравномерностью распределения потока жидкости $r = 5\%$ в условиях принудительной циркуляции со следующими расчётными параметрами: длина канала $l = 1$ м, начальный диаметр $d_n = 20$ мм и абсолютная шероховатость внутренней поверхности $k=0,5$ мм, длина подъёмных труб $L=2$ м, их количество $n=10$ шт, площадь теплообменной панели $F_k = 2$ м²,

удельный расход теплоносителя $g = 25 \text{ кг/м}^2\text{час}$, температура теплоносителя на входе теплообменной панели $t_{\text{вх}}=40^\circ\text{C}$ и выходе $t_{\text{вых}} = 60^\circ\text{C}$, средняя температура нагреваемого теплоносителя $t_{\text{ср}}=50^\circ\text{C}$ ($\rho_{50}=988,07 \text{ кг/м}^3$, $\nu_{50}=0,556 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$).

Требуется определить: внутренний диаметр подъёмных трубок $\delta_{\text{тр}}$ и гидравлическое сопротивление теплообменной панели коллектора Δp .

Расчёт выполняем в два этапа: предварительный и окончательный. Результаты расчёта приведены в таблице 1.

Таблица 1

Пример расчёта теплообменной панели солнечного водонагревательного коллектора листотрубного типа с заданной неравномерностью распределения потока жидкости по подъёмным трубам

Предварительный расчёт						
Обозначение величины	$F_n, \text{м}^2$	$G_n, \text{кг/час}$	$W_n, \text{м/с}$	Re_k	λ	$\lambda \bar{l}$
Способ определения	формула (1)	формула (2)	формула (3)	формула (4)	формула (5)	формула (6)
Численное значение	$3,14 \cdot 10^{-4}$	50	0,0448	1610	0,040	2,0
Предварительный расчёт						
Обозначение величины	$(\mu \bar{f})_{\text{мин}}$	\bar{f}	$f, \text{м}^2$	$\delta_{\text{тр}}, \text{м}$	$W_{\text{тр}}, \text{м/с}$	$Re_{\text{тр}}$
Способ определения	График $r = f(\mu \bar{f}, \lambda \bar{l})$	формула (7)	формула (8)	формула (9)	формула (10)	формула (11)
Численное значение 1вар при $\mu_{\text{рас}}=0,20$	0,8	4,00	$1,26 \cdot 10^{-3}$	0,013	0,011	257
Численное значение 2вар при $\mu_{\text{рас}}=0,16$	0,8	5,33	$1,67 \cdot 10^{-3}$	0,015	0,008	216
Предварительный расчёт				Окончательный расчёт		
Обозначение величины	$\lambda_{\text{тр}}$	$\mu_{\text{фак}}$	Сравнение $\mu_{\text{рас}}$ и $\mu_{\text{фак}}$	d_o	$\zeta_{\text{п}}$	$\Delta p, \text{Па}$
Способ определения	формула (12)	формула (13)	формула (14) или (15)	формула (16)	формула (17)	формула (18)
Численное значение 1вар при $\mu_{\text{рас}}=0,2$	0,249	0,162	$\mu_{\text{рас}}=0,2 >$ $\mu_{\text{фак}}=0,162$	-	-	-
Численное значение 2вар при $\mu_{\text{рас}}=0,16$	0,296	0,159	$\mu_{\text{рас}}=0,16 \approx$ $\mu_{\text{фак}}=0,159$	0,016	2,72	2,697

Условные обозначения, принятые в статье:

d_n, d_o – соответственно диаметр в начале и в конце конусного канала, м; \bar{d}_o – относительный диаметр в конце канала; F_n – площадь поперечного сечения в начале конусного канала, м^2 ; f – площадь условной щели канала, м^2 ; \bar{f} – относительная площадь условной щели канала; $L, \delta_{\text{тр}}$ – соответственно длина и внутренний диаметр подъёмных труб, м; l, δ – соответственно длина и ширина условной щели канала, м; $r_0, r_{\text{мин}}, r_i$ – относительное отклонение неравномерной раздачи воды от равномерной раздачи в конце, в сечении с наименьшей скоростью истечения и в начале канала, соответственно; $W_n, W_{\text{тр}}$ – скорость воды в начале канала и в подъёмных трубках, м/с;

v_x – скорость истечения воды из канала в сечении x , м/с; λ , μ – коэффициенты трения и расхода канала; $\lambda_{тр}$ – коэффициент трения подъёмных труб; $\mu\bar{f}$, $\lambda\bar{l}$ – параметры канала и условной щели; ρ – плотность воды, кг/м³.

Эта работа была выполнена при поддержке Министерства по инновационным технологиям Республики Узбекистан в рамках фундаментального гранта БВ-М-ФЗ-003.

Список литературы:

1. Даффи Дж. Основы солнечной теплоэнергетики. Пер. с англ.: Учебно-справочное руководство/ Дж. Даффи, У. Бекман. – Долгопрудный: Издательский дом «Интеллект», 2013. – 888 с.
2. Рашидов Ю.К. Повышение равномерности распределения потока жидкости по подъёмным трубам лучепоглощающей теплообменной панели солнечного водонагревательного коллектора листотрубного типа в условиях принудительной циркуляции/ Ю.К. Рашидов, А.У. Вохидов// Гелиотехника. – 2016. – №4. – С.8-14.
3. Киселёв П.Г. Справочник по гидравлическим расчётам/ П.Г. Киселёв, А.Д. Альтшуль, Н.В. Данильченко и др.- Москва: Энергия, 1972.- 312 с.

THE METHOD OF HYDRAULIC CALCULATION OF THE HEAT-EXCHANGE PANEL OF FLAT-PLATE SOLAR THERMAL COLLECTORS WITH THE SPECIFIED non-uniformity FLOW DISTRIBUTION OF A LIQUID UNDER THE CONDITIONS OF A FORCED CIRCULATION

Yu.K. Rashidov¹, J.T. Orzimatov¹, K.Yu. Rashidov², Z.F. Fayziev³

¹*Tashkent Architecture and Construction Institute,*

Tashkent, 100011, Uzbekistan, e-mail: rashidov_yus@mail.ru

²*Physical-technical institute NGO "Physics-Sun" of the Academy of Sciences of Uzbekistan, Tashkent, 100084, Uzbekistan*

³*Samarkand State Institute of Architecture and Construction, Samarkand, 140147, Uzbekistan*

Abstract

The most important task, which has to be solved when designing solar collector systems, is to ensure uniform distribution of coolant flow through lifting pipes. Since the ideal uniformly distributed coolant flow rate is practically impossible to achieve, during design it is usually required to ensure a given hydraulic non-uniformity, at which its effect on thermal efficiency can be neglected.

On the basis of previously obtained design dependencies, a method of hydraulic calculation of a heat exchange panel of a solar thermal collector of a flat-plate type with a given uneven distribution of fluid flow under conditions of forced circulation has been developed. An example of calculation using the developed method is given.

НАСКОЛЬКО ПОЛНЫ НАШИ ЗНАНИЯ О СУЩЕСТВУЮЩЕМ ВИДОВОМ БОГАТСТВЕ *NEMATODA* ЗАЛИВА СИВАШ?

Т.Н. Ревкова, Е.В. Ануфриева, Н.В. Шадрин

*Институт морских биологических исследований имени А.О. Ковалевского РАН,
299011, г. Севастополь, e-mail: lena_anufrieva@mail.ru*

Введение. Знания о биоразнообразии необходимы для сохранения и рационального использования природных экосистем. При изучении видового богатства любой группы организмов всегда возникает вопрос: насколько полно мы его оценили? Существует большое количество исследований, в которых показано, что число выявленных видов зависит от количества проанализированных проб/выборок [1–4], однако для *Nematoda* таких работ не проводили.

В настоящее время после прекращения подачи днепровской воды в Северо-Крымский канал начался рост солености в заливе Сиваш, произошла трансформация всей экосистемы [5]. Изменяется композиция видов и общее видовое богатство, что в частности, показано и для таксоцена круглых червей в 2015 г. [6]. *Nematoda* относятся к мейобентосу и нередко являются наиболее разнообразной и многочисленной группой животных в донных сообществах, играя в них важную роль. В 2015 г. по сравнению с 2013 г. (до начала роста солености) доля нематод в общей численности зообентоса залива Сиваш стала существенно выше, а их видовое обилие, напротив, уменьшилось [6]. Однако небольшое количество проб, взятых в 2015 г., не позволяет сделать достоверный вывод. Для оценки точности определения видового богатства нематод в 2018 г. были проведены дополнительные исследования, описанию полученных результатов посвящена данная работа.

Материал и методы. Залив Азовского моря Сиваш (площадь около 2560 км²), является крупнейшей лагуной Европы и крупнейшей гиперсоленой лагуной мира. От моря он отделен песчаной Арабатской стрелкой, а на севере через пролив Тонкий имеет свободный водообмен с морем [7]. В первую половину XX века Сиваш являлся полузамкнутой мелководной высокопродуктивной гиперсоленой лагуной, средняя соленость в нем была 140 г/л, в южной части доходя до >200 г/л [7, 8]. Со строительством Северо-Крымского канала (1963–1975 гг.) все изменилось, днепровская вода стала поступать в канал. Её начали использовать для орошения, сбрасывая дренажные воды с орошаемых полей в Сиваш. Поэтому соленость в заливе стала постепенно уменьшаться до 22,6 г/л в 1989 г. и до 17 г/л в 1997 г., сформировалась новая экосистема [9]. В апреле 2014 г. было принято решение о прекращении подачи днепровской воды в Северо-Крымский канал, и к октябрю того же года в основной ветке канала воды уже не было [9]. Практически прекратилось поступление пресной воды с сельхозугодий в залив. Соленость стала расти, в 2015 г. она колебалась от 55 до 75 г/л, и началась новая трансформация экосистемы Сиваша [5].

При полевых работах использовали те же методы, что и при более ранних исследованиях [5, 9]. В мае–июне 2018 г. бентосными трубками (площадью 18,1 см², высотой 5 см) было взято 8 проб бентоса на участках глубиной 0,2–0,6 м. Отобрано 7 проб матов нитчатой зеленой водоросли *Cladophora*. Пробы фиксировали 4% формалином и обрабатывали под бинокулярами Olympus SZ-ST и ЛОМО МБС-9 с использованием камеры Богорова. Сырую массу отобранного фрагмента мата определяли на электронных весах. Относительную численность животных в матах устанавливали делением числа подсчитанных особей на массу фрагмента мата. Идентификацию видов нематод осуществляли под микроскопом Olympus BX50. Средние значения, стандартные отклонения, коэффициенты корреляции и параметры уравнений

регрессии (кривые накопления) были рассчитаны в Excel; уровень значимости коэффициентов корреляции определяли по [10]. Перестановки данных для расчета кривых накопления были сделаны в режиме онлайн (<http://www.webcalculator.co.uk/statistics/rpermute3.htm>).

Результаты и обсуждение. На дне Nematoda были в 80% проб, в них идентифицировано 16 видов. В пробах водорослевых матов круглые черви присутствовали во всех пробах, идентифицировано 11 видов. Видовая структура таксоцена нематод будет проанализирована в другой работе авторов, здесь будем обсуждать видовое обилие.

Очевидно, взяв ограниченное число проб, не все виды Nematoda, встречающиеся в Сиваше, найдены, поэтому возникает вопрос: в какой степени нам известна фауна нематод залива? Существует довольно тесная связь между количеством проанализированных проб и количеством найденных видов [1–4, 11]. Для описания связи между количеством проб и видовым богатством применяются различные типы функций. Степенная и логарифмическая функции являются наиболее используемыми. Опираясь на собственные новые данные по исследованию нематод, как и более ранние работы по другим группам организмов [4, 11], авторы пришли к выводу, что кривая накопления видов по мере увеличения количества проанализированных проб лучше всего описывается логарифмической функцией. При анализе этой зависимости для донного сообщества Сиваша для одного из вариантов очередности анализа проб нашли ($R = 0,961$, $p = 0,001$):

$$Y = 6,57 \ln (X) + 0,91 \quad (1)$$

где Y – количество найденных видов,

$\ln (X)$ – логарифм количества проанализированных проб.

Подобная зависимость для таксоцена нематод водорослевых матов лучше описывается степенным уравнением ($R = 0,899$, $p = 0,005$):

$$Y = 2,42X^{0.666} \quad (2)$$

Каждое из уравнений (1) и (2) соответствует только одному из множества возможных вариантов чередования анализируемых проб. Поэтому авторы рассчитали кривые и для других возможных чередований проб в анализе. Используя все полученные уравнения, рассчитали, что для случая анализа 500 проб на дне нашли бы 36 ± 7 видов нематод, а в водорослевых матах – 24 ± 3 видов. Таким образом, в данной работе выявлено лишь 44% видов, обитающих на дне, и 46% видов – в водорослевых матах. Исследование видового состава нематод Сиваша остается актуальным и требует дальнейшего изучения.

Исследование видового обилия нематод выполнено при финансовой поддержке проекта РФФИ № 18-35-00007 (Т.Н. Ревкова, Е.В. Ануфриева), исследование долговременных изменений таксоцена нематод проведено в рамках гос. задания ФГБУН ИМБИ АААА-А18-118021490093-4 (Н.В. Шадрин). Авторы благодарны Н.Г. Сергеевой за помощь в определении нематод.

Список литературы:

1. Песенко Ю.А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях / Ю.А. Песенко. – Москва: Наука, 1982. – 278 с.
2. Shen T.J. Predicting the number of new species in further taxonomic sampling / T.J. Shen, A. Chao, C.F. Lin // Ecology. – 2003. Vol. 84. – P. 798–804.
3. Brucet S. Species richness of crustacean zooplankton and trophic structure of brackish lagoons in contrasting climate zones: north temperate Denmark and Mediterranean Catalonia (Spain) / S. Brucet, D. Boix, S. Gascon, J. Sala, X.D. Quintana, A. Badosa, M. Sondergaard, T.L. Lauridsen, E. Jeppesen // Ecography. – 2009. –Vol. 32. – P. 692–702.
4. Anufrieva E. Current invasions of Asian Cyclopid species (Copepoda: Cyclopidae) in Crimea, with taxonomical and zoogeographical remarks on the hypersaline and fresh-

- water fauna / E. Anufriieva, M. Holynska, N. Shadrin // *Annales Zoologici*. - 2014. - Vol. 64. - P. 109-130.
5. Shadrin N.V. The political decision caused the drastic ecosystem shift of the Sivash Bay (the Sea of Azov) / N.V. Shadrin, E.V. Anufriieva, L.M. Kipriyanova, E.A. Kolesnikova, A.A. Latushkin, R.E. Romanov, N.G. Sergeeva // *Quaternary International*. – 2018. – Vol. 475. – P. 4–10.
 6. Sergeeva N.G. Long-term changes (1979–2015) in the nematode fauna in Sivash Bay (Sea of Azov), Russia, worldwide the largest hypersaline lagoon, during salinity transformations / N.G. Sergeeva, N.V. Shadrin, E.V. Anufriieva // *Nematology*. – 2019. (in press)
 7. Воробьев В.П. Гидробиологический очерк Восточного Сиваша и возможности его рыбохозяйственного использования / В.П. Воробьев // *Труды АзЧерНИРО*. – 1940. – Т. 12. – С. 69–164.
 8. Зенкевич Л.А. Биология морей СССР / Л.А. Зенкевич. – Москва: Изд-во АН СССР, 1963. – 740 с
 9. Шадрин Н.В. Трансформация залива Сиваш (Азовское море) в условиях роста солености: изменения мейобентоса и других компонент экосистемы (2013-2015 гг.) / Н.В. Шадрин, Н.Г. Сергеева, А.А. Латушкин, Е.А. Колесникова, Л.М. Киприянова, Е.В. Ануфриева, А.А. Чепыженко // *Журнал Сибирского федерального университета. Биология*. – 2016. – Т. 9, № 4. – С. 452–466.
 10. Müller P.H. *Tafeln der mathematischen statistic* / P.H. Müller, P. Neuman, R. Storm – Leipzig: VEB Fachbuchverlag, 1979.
 11. El-Shabrawy G. Tintinnina (Ciliophora) and Foraminifera in plankton of hypersaline Lagoon Bardawil (Egypt): spatial and temporal variability / G. El-Shabrawy, E. Anufriieva, N. Shadrin // *Turkish Journal of Zoology*. – 2018. – Vol. 42, № 2. – P. 218–229.

**HOW COMPLETE IS OUR KNOWLEDGE ON THE MODERN SPECIES
COMPOSITION OF THE NEMATODA IN BAY SIVASH?**

T.N. Revkova, E.V. Anufriieva, N.V. Shadrin

*The A.O. Kovalevsky Institute of Marine Biological Research,
Russian Academy of Sciences, Sevastopol, 299011, Russia,
e-mail: alinka8314@gmail.com; lena_anufriieva@mail.ru*

Abstract

Bay Sivash is a largest hypersaline lagoon in the world. In 2018, species composition of Nematoda was conducted in the lagoon. In total, 16 species were found on bottom, and 11 species – in filamentous green algae floating mats. It is known that there is a significant tight correlation between the number of samples analyzed and the number of observed species. Equations for this relation were calculated using obtained data. Analysis of these equations showed that there were found only 44% of the species that live on the bottom, and 46% of the species, which live in algal mats. The study of the species composition of Sivash nematodes remains relevant.

ОЦЕНКА, НОРМИРОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОГЕННЫМИ РИСКАМИ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ЭНЕРГЕТИКЕ

Д.О. Резников, Н.А. Махутов

Институт машиноведения РАН, Москва, 101990, Россия, e-mail: mibsts@mail.ru

Введение. Проектирование, строительство и эксплуатацию объектов промышленности и энергетики приходится осуществлять в условиях наличия двух конкурирующих групп требований, направленных на обеспечение их безопасности и экономической эффективности. Разрешение указанного противоречия и выбор оптимального проектного решения в условиях ограниченных материально-технических и временных ресурсов достигается в рамках концепции минимизации стоимости жизненного цикла C_{Σ} , включающей затраты на проектирование C_{pr} , строительство C_{str} , эксплуатацию C_{exp} и вывод из эксплуатации C_d рассматриваемого объекта, а также U ущерба от потенциальных аварий, связанных с функционированием объекта в течение его жизненного цикла:

$$C_{\Sigma} = C_{pr} + C_{str} + C_{exp} + U. \quad (1)$$

Поставленная задача оптимизации должна решаться при наличии ограничений на величину риска, который не должен превышать нормативные предельно допустимые значения $[R]$, устанавливаемых на основе отнесения объекта к определенной категории: $\min_{R < [R]}(C_{\Sigma})$. Отсюда возникают группы связанных между собой задач по оценке, нормированию и управлению рисками, обусловленными эксплуатацией рассматриваемого объекта.

Объекты промышленности и энергетики представляют собой сложные технические системы (далее СТС), характеризующиеся нелинейностью и недетерминированностью протекающих в них процессов, вероятностным характером зависимостей между параметрами их состояния, наличием бифуркационных режимов и, следовательно, множественностью сценариев развития, ряд из которых является катастрофическими. В связи с этим эксплуатация указанных объектов становится невозможной без проведения оценки рисков, выработки нормативных критериев приемлемости рисков и процедур снижения рисков до тех уровней, с которыми общество готово смириться ради тех благ, которые обеспечиваются данными системами. Безопасности эксплуатации опасных объектов может быть обеспечена на основе совместного применения следующих взаимно дополняющих принципов [1-4]:

- принцип MEM (Minimum Endogenous Mortality: минимальная эндогенная смертность). Этот принцип заключается в следующем: «Угроза, связанная с новой системой не должна повышать уровень минимальной эндогенной смертности для индивидуума»;

- принцип GAMAB (Globalement Au Moins Aussi Bon, фр.: в целом, по крайней мере, такой же) формулируется следующим образом: «Все новые системы должны в целом иметь уровень риска, по крайней мере такой же, что и равнозначная существующая система»;

- принцип ALARP (As Low As Reasonably Practical: настолько низкий уровень риска, насколько это оправдано с практической точки зрения). Приемлемый уровень риска в соответствии с принципом ALARP – это такой уровень риска, для которого затраты на его достижение являются экономически эффективными.

Оценка, нормирование и управление рисками может осуществляться по различным показателям. В соответствии с этим принято выделять индивидуальные, социальные и экономические риски:

- Под индивидуальным риском принято понимать вероятность гибели одного, заранее выбранного человека в течение одного года $R_i: P$.

- Социальный риск оценивается с помощью, так называемых, FN -кривых, представляющих собой специальным образом построенные функции распределения случайной величины N – количество жертв аварий на определенном объекте в течение одного года $R_s: P(N > n)$, где n текущее значение величины «количество жертв».

- Экономический риск, который также описывается специальным образом построенной функцией распределения случайной величины U – экономический ущерб от аварий на рассматриваемом объекте в течение года $R_e: P(U > u)$, где u - текущее значение величины «экономический ущерб». В англоязычной литературе они получили название FD -кривых.

Осознание невозможности реализации концепции абсолютной безопасности (нулевого риска) обусловило переход к концепции приемлемого риска, суть которой состоит в том, что риск не может быть полностью исключен, но может быть снижен до приемлемого уровня, с которым государство и общество на данном этапе развития готовы смириться. В настоящее время данная концепция лежит в основе практически всех программ управления риском. При ее использовании одним из ключевых является вопрос о нормировании риска, под которым принято понимать процесс задания предельно допустимого уровня риска $[R]$, который не может быть превышен ни при каких обстоятельствах, и пренебрежимого уровня риска $\langle R \rangle$, которым на данном этапе развития экономики, государство считает возможным пренебречь.

Нормирование риска является ключевым элементом процесса управления риском и процессов принятия решений о реализации защитных мероприятий и возможности дальнейшего функционирования объекта. При этом нормирование может осуществляться:

- по вероятности (например, может быть установлена предельная вероятность гибели человека при аварии);

- по последствиям (например, недопустимыми могут быть ущербы, превышающие определенную величину);

- по комбинированным показателям (например, по произведению вероятности на последствия).

Выбор предельно допустимого уровня зависит от многих факторов, в частности: от наличия технологий снижения риска, характера требований и ограничений со стороны надзорных органов, отношения к риску общества в целом и конкретных лиц, принимающих решения.

Нормативное значение предельно допустимого риска должно быть, с одной стороны, достаточно низким, чтобы не вызывать беспокойства людей, которые подвергаются ему, и обеспечивать приемлемую безопасность общества. С другой стороны, оно должно быть технически возможным и не препятствовать экономическому развитию из-за чрезмерно высоких затрат, необходимых для снижения риска до предписанного уровня. Компромисс между этими двумя конфликтующими требованиями зависит от уровня технологического, социального и экономического развития общества и достигается в процессе согласования интересов различных сторон.

Нормирование рисков. Рассмотрим вопрос нормирования на примере индивидуальных рисков. При оценке индивидуального риска учитывается возможность гибели человека при всех возможных сценариях отказа системы, причем различаются только два состояния человека: «жив» (последствия равны 0), «мертв» (последствия

равны 1). В этой постановке величина последствий не будет входить в выражение для данного индекса риска.

Таким образом, индекс индивидуального риска определяется вероятностью гибели в течение года, в результате аварии в рассматриваемой системе одного выбранного заранее человека (например, оператора, представителя персонала или лица, проживающего на сопредельной территории) [1].

Принято разделять средний индивидуальный риск для персонала, обслуживающего систему (или населения прилегающих территорий) и максимальный индивидуальный риск для человека (оператора), который в наибольшей степени подвержен действию опасных факторов системы.

Уровни индивидуального риска. Далее встает вопрос об отнесении индивидуального риска, связанного с функционированием рассматриваемой системы, к различным уровням: обычно выделяют три уровня индивидуального риска (рис.1): пренебрежимо малый, приемлемый и недопустимый (или чрезмерный) риски.

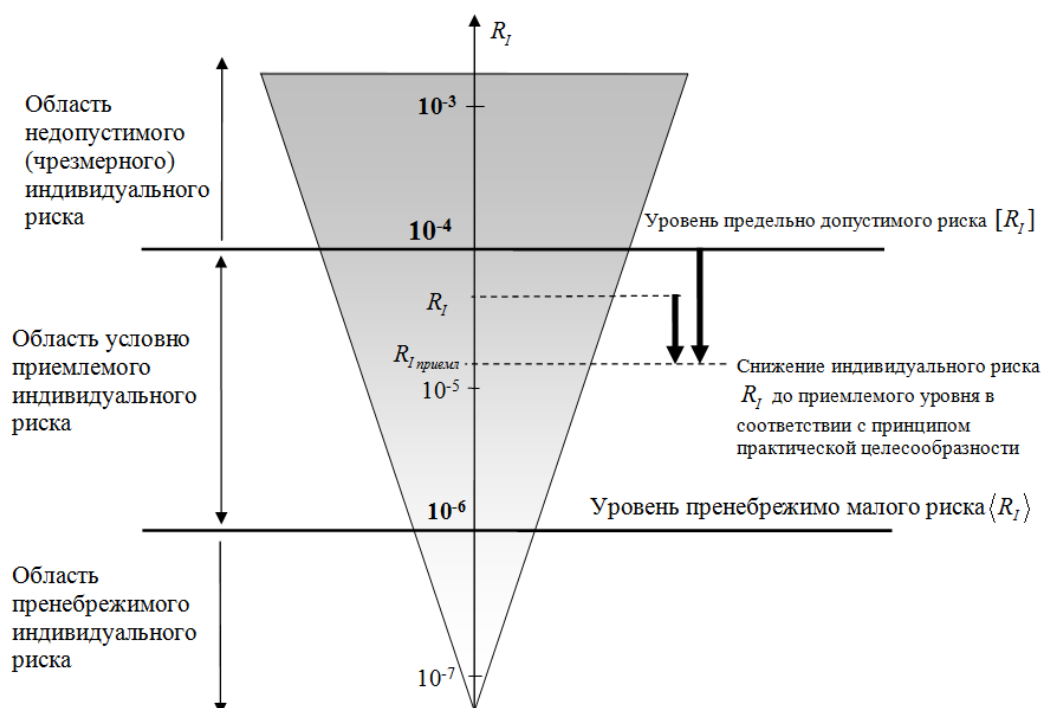


Рис. 1. Уровни индивидуального риска

1) Пренебрежимо малый индивидуальный риск – это риск, сопоставимый с другими рисками, с которыми люди сталкиваются в повседневной жизни и, которые считаются несущественными (например, риск, связанный с падением метеорита на жилой дом). Предельная величина (верхняя граница) пренебрежимо малого риска определяется нормативной базой страны, исходя из уровня ее экономического развития, культуры безопасности и отношения к человеческой жизни. В экономических развитых странах в качестве верхней границей пренебрежимо малого индивидуального риска установлена вероятность гибели человека $\langle R_I \rangle = 10^{-6}$ в год (1 на млн.). То есть, $R_{I\text{ пренебр}} < 10^{-6}$ [5-8]. В случае, если индивидуальный риск, связанный с эксплуатацией системы, попадает в область пренебрежимо малых рисков, законодатель не требует принятия каких-либо дополнительных мер, направленных на дальнейшее снижение рисков. Эксплуатация системы с таким низким уровнем риска может быть продолжена без каких-либо дополнительных усилий, направленных на снижение обусловленного ею риска. Соответственно считается, что эксплуатация технической

системы с таким уровнем риска может не контролироваться органами технического надзора.

2) Недопустимые (чрезмерные) риски – риски, с которыми, за исключением чрезвычайных случаев, люди не готовы мириться ни при каких выгодах от эксплуатации системы. В случае попадания индивидуальных рисков в недопустимую область, эксплуатация системы считается невозможной до того момента, когда будут реализованы защитные мероприятия, позволяющие перевести риски в область приемлемых рисков. Причем снижение риска до уровня ниже $[R_I]$ должно осуществляться, невзирая на стоимость защитных мероприятий.

3) Приемлемые индивидуальные риски – риски, с которыми, учитывая выгоды от эксплуатации системы, люди (или общество в целом) готовы мириться при условии, что эти риски тщательно отслеживаются и минимизируются в соответствии с соображениями практической целесообразности.

Согласно нормам [5-8] приемлемые риски лежат в диапазоне $\langle R_I \rangle = 10^{-6} \leq R_{I_{\text{приемл}}} \leq [R_I] = 10^{-4}$.

Установление конкретного численного значения предельно допустимого индивидуального риска $[R_I]$ является принципиальным, социально значимым вопросом. Очевидно, что его решение входит в компетенцию политического руководства страны и основывается на стремлении установить конкретное численное значение для величины $[R_I]$ на таком низком уровне, какой технически достижим. Однако при этом необходимо учитывать, что такое стремление связано с очень большими экономическими затратами на снижение риска, которые в конечном итоге, как правило, ведут к нерентабельности самой хозяйственной деятельности. В силу этого, при установлении конкретного численного значения для предельно допустимого индивидуального риска, отдавая приоритет социальным аспектам проблемы, необходимо учитывать и уровень экономического развития страны. Принимаемое конкретное значение $[R_I]$ должно соответствовать социальным требованиям и в то же время не может становиться запретительным барьером (накладывая чрезмерные ограничения) для осуществления хозяйственной деятельности, обеспечения эффективности и дальнейшего развития экономики страны. Более высокий уровень экономического и технологического развития позволяет установить более низкие значения для предельно допустимого индивидуального риска.

В работе [8] была предложена следующая формула для оценки предельно допустимого индивидуального риска:

$$[R_I] = \beta \cdot 10^{-4}, \quad (2)$$

где коэффициент β зависит от степени добровольности, с которой человек занимается данной деятельностью и степенью его заинтересованности в результатах этой деятельности. Величина β варьируется в широких пределах:

- если человек не принимает добровольно решения о том, чтобы подвергнуться риску, и не получает при этом никаких благ: $\beta \sim 0.01 - 0.1$.

- если человек осознанно занимается опасной деятельностью, рассчитывая получить значительные блага: $\beta \sim 10 - 100$.

Британскими нормами [5-8] в качестве предельно допустимого индивидуального риска установлена вероятность гибели человека $[R_I] = 10^{-4}$ в год (1 на 10 тыс.). То есть $R_{I_{\text{недоп}}} > 10^{-4}$.

Управление рисками. Если рассматриваемый объект генерирует риски, попадающие в область пренебрежимых, то никаких специальных мер, направленных на снижение риска предпринимать не требуется. Необходимо лишь осуществлять мониторинг состояния системы, подтверждающий, что с течением времени риски не

выходят за границу пренебрежимых. Если же функционирование объекта обуславливает риски, попадающие в область недопустимых, то регулярная деятельность такой системы должна быть немедленно прекращена и должны быть предприняты срочные меры, направленные на снижение риска.

Регламентирование деятельности в случае, если риски эксплуатации системы попадают в область приемлемых рисков, требует более подробного рассмотрения. Регулирование должно осуществляться с учетом двух конкурирующих между собой групп требований, связанных с обеспечением безопасности и экономической эффективности. Очевидно, что вследствие ограниченности ресурсов и несовершенства существующих технологий, бесконечное снижение величины индивидуального риска практически невозможно и привело бы к тому, что любая хозяйственная деятельность стала бы нерентабельной. Поэтому согласно принятым нормам деятельность, которая осуществляется в области условно приемлемых рисков, должна соответствовать некоторому компромиссному принципу, предусматривающему реализацию мер, направленных на снижение рисков до уровня практической целесообразности, который также называют уровнем приемлемого риска $R_{I\text{ приемл}}$. Таким образом, если риски, связанные с эксплуатацией технической системы, попадают в область условно приемлемых, организация, эксплуатирующая эту систему, должна принять для снижения риска такие меры, которые считаются целесообразными с практической точки зрения. Здесь под «целесообразными», подразумевается меры, реализация которых не требует неоправданно высоких затрат или необоснованно больших усилий. В этом и состоит принцип минимизации рисков с учетом практической целесообразности (принцип ALARP), который подразумевает максимально возможное снижение рисков, достигаемое за счет реально имеющихся (ограниченных) ресурсов.

Согласно принципу ALARP риски, попадающие в область условно приемлемых должны снижаться до приемлемого уровня практической целесообразности $R_{I\text{ приемл}}$. Искомый уровень $R_{I\text{ приемл}}$ определяется с учетом соотношения между расчетной величиной «стоимость защитных мероприятий, приходящаяся на спасение одной жизни» C_{SLS} (англ. adjusted cost per statistical life saved), и принятой в данной стране (или отрасли) нормативной величиной «стоимость человеческой жизни» (или затрат, которую государство готово нести на спасение жизни одного работника) L_C (англ. life cost value): в процессе реализации программы защитных мероприятий по мере снижения риска приходится прибегать ко все более дорогостоящим решениям. При этом величина C_{SLS} неуклонно возрастает и в определенный момент становится чрезмерно высокой (или непропорциональной) по сравнению величиной L_C .

При выработке критерия соответствия принципу практической целесообразности, в качестве определяющего параметра вводят, так называемый, коэффициент диспропорциональности ($k_{dp} > 1$) между приведенной стоимостью усилий на спасение одного работника C_{SLS} и стоимостью человеческой жизни L_C [3, 9,10].

$$k_{dp} = C_{SLS} / L_C, \quad (3)$$

где $C_{SLS} = (C_{pm} - B_e) / \Delta \bar{N}$, C_{pm} - стоимость реализации защитных мероприятий, B_e - экономический эффект от реализации защитных мероприятий, выражающийся в снижении экономических ущербов, ожидаемых при аварии в результате проведения защитных мероприятий:

$$B_e = \sum_{j=1}^{m_-} f_-^{(j)} \cdot U_-^{(j)} - \sum_{j=1}^{m_+} f_+^{(j)} \cdot U_+^{(j)}, \quad (4)$$

где m_- и m_+ - количество сценариев отказов до и после реализации защитных мероприятий, $f_-^{(j)}$ и $f_+^{(j)}$ - вероятности реализации сценариев $S^{(j)}$ до и после реализации защитных мероприятий, $U_-^{(j)}$ и $U_+^{(j)}$ - экономические ущербы, ожидаемые при сценариях $S^{(j)}$ до и после защитных мероприятий.

$\Delta \bar{N}$ - ожидаемое снижение количества жертв аварий после реализации защитных мероприятий.

$$\Delta \bar{N} = \bar{N}_- - \bar{N}_+ = \sum_{j=0}^{m_-} f_-^{(j)} \cdot N_-^{(j)} - \sum_{j=0}^{m_+} f_+^{(j)} \cdot N_+^{(j)}, \quad (5)$$

здесь $N_-^{(j)}$ и $N_+^{(j)}$ - количество жертв при реализации сценариев $S^{(j)}$, соответственно, до и после реализации защитных мероприятий.

Таким образом, в случае если индивидуальный риск, связанный с эксплуатацией технической системы, попадает в область приемлемых рисков, то для получения разрешения на дальнейшую эксплуатацию системы необходимо выполнить ряд требований:

- Источники и величина риска, а также различные варианты реализации защитных мер должны быть внимательно оценены.

- Риски должны быть снижены до уровня практической целесообразности за счет реально имеющихся (ограниченных) ресурсов в соответствии с принципом практической целесообразности.

- По мере совершенствования существующих и появления новых защитных технологий практически целесообразный уровень приемлемого риска должен пересматриваться в сторону удовлетворения более жестким нормам безопасности. Поэтому величина приемлемого индивидуального риска $R_{I_{\text{примл}}}$ для рассматриваемой системы не является жестко заданной фиксированной величиной, она должна снижаться по мере появления новых возможностей и средств обеспечения безопасности. Отсюда следует, что удовлетворение принципу практической целесообразности является не однократным мероприятием, а длительным процессом, который осуществляется в течение всего срока эксплуатации технической системы.

Эта работа была выполнена при поддержке Российского Фонда Фундаментальных исследований, грант № 16-29-09575 офи_м

Список литературы:

1. Махутов Н.А., Ахметханов Р.С., Резников Д.О. и др. Безопасность России. Анализ риска и проблемы безопасности. Часть 2. Безопасность гражданского и оборонного комплексов и управление риском. – М.: МГФ «Знание», 2006. 434 с.
2. Махутов Н.А., Резников Д.О. Оценка и нормирование рисков при эксплуатации сложных технических систем//Безопасность в техносфере. 2012. № 5. С. 3-9.
3. Махутов Н.А., Резников Д.О., Петров В.П. Принцип практической целесообразности при нормировании индивидуального риска//Безопасность в техносфере. 2012. № 6. С. 7-12.
4. Шубинский И.Б., Замышляев А.М. Управление рисками на железнодорожном транспорте. Труды международной научной школы Моделирование и анализ безопасности и риска в сложных системах. 2015. стр. 210-214.
5. HSE (Health and Safety Executive). Assessing Compliance with the Law in Individual Cases and the Use of Good Practice. 2002. (<http://www.hse.gov.uk/dst/alarp2.htm>).
6. HSE (Health and Safety Executive). Policy and Guidance on Reducing Risks as Low as Reasonably in Design. 2002. (www.hse.gov.uk/dst/alarp3.htm).
7. HSE (Health and Safety Executive). Principles and Guidelines to Assist HSE in its Judgments that Duty Holders. Have Risk as Low as Reasonable Practicable. 2002. (<http://www.hse.gov.uk/dst/alarp1.htm>).

8. HSE. – “Reducing Risks, Protecting People: HSE’s Decision-making Process. Risk Assessment Policy Unit, Health and Safety Executive.” HSE Books, Her Majesty’s Stationery Office, London, UK, 2001.
9. Bowles D.S. – Tolerable risk guidelines for dams: Principles and applications. Risk analysis, Dam Safety, Dam Security and Critical Infrastructure Management- Escuder-Bueno et al. (eds). Taylor & Francis Group. London. 2011.
10. Bowles, D.S. ALARP evaluation: Using cost effectiveness and disproportionality to justify risk reduction. ANCOLD Bulletin 127:89106. 2004.

**ASSESSMENT, REGULATION AND MANAGEMENT OF MANMADE RISKS
TRIGGERED BY INDUSTRIAL AND POWER ENGINEERING FACILITIES**

D.O. Reznikov, N.A. Makhutov

Mechanical Engineering Research Institute, Moscow, 101990, Russia

e-mail: mibsts@mail.ru

Abstract

Industrial and power engineering facilities are technical systems that function in the uncertain environment. Due to the high level of uncertainty related to natural variability of loading regimes, system parameters and lack of knowledge about the system, functioning of complex systems is always multivariant and should be described in a probabilistic formulation using branched scenario trees that should always include high risk scenarios. Safe and sustainable functioning of these facilities requires comprehensive assessment regulation and management of these risks. The paper addresses the application of the ALARP principle for decision making regarding implementation of protection measures aimed at reduction of individual risk related to functioning of industrial and power engineering facilities

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ РАСПЛАВОВ БОРОСИЛИКАТНЫХ СТЕКОЛ ДЛЯ ИММОБИЛИЗАЦИИ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

М.Б. Ремизов¹, П.В. Козлов^{1,3*}, Н.В. Власова¹, Е.А. Беланова¹, А.В. Руденко²,
А.А. Катаев², А.А. Редькин², О.Ю. Ткачева^{2,4}, В.Н. Докутович², Е.С. Филатов²,
Ю.П. Зайков^{2,4}

¹Федеральное государственное унитарное предприятие «Производственное
объединение «Маяк», Озёрск, 456783, Россия

²Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН,
Екатеринбург, 620137, Россия

³Озёрский технологический институт НИЯУ МИФИ, 456783, Россия, Озёрск

⁴Уральский Федеральный Университет, Екатеринбург, 620002, Россия,

*e-mail: kozlov_pavel@inbox.ru

Изоляция и безопасное хранение ядерных отходов возможны благодаря иммобилизации отходов в прочные, химически устойчивые материалы. Если для низко- и среднеактивных отходов приемлем метод цементирования, то для иммобилизации высокоактивных отходов (ВАО) нужны более прочные материалы такие, как керамика и стекло. Стекло – нестехиометрическое соединение, при нагревании оно способно растворять, а при последующем охлаждении прочно удерживать сложную смесь продуктов деления ядерных отходов. Получаемый продукт обладает высокой химической и радиационной стойкостью, является изотропным, непористым. Иммобилизация отходов методом остекловывания отличается относительно простой технологией: стекла варят вместе с радиоактивными отходами. Стекло обладает прочностью и долгим сроком хранения, легкостью транспортировки. Кроме того, в отличие от цемента оно химически устойчиво в водных средах.

На ФГУП ПО «Маяк» несколько десятков лет функционирует радиохимическое производство по экстракционной переработке облученного ядерного топлива реакторов различного предназначения. Наиболее опасным видом отходов, образующимся в ходе данного процесса, являются высокоактивные растворы, содержащие продукты деления топлива. Эти отходы отверждаются в алюмофосфатное стекло в высокопроизводительных электропечах прямого электрического нагрева типа ЭП-500. В то же время на предприятии планируется создание нового комплекса остекловывания ВАО с разработкой плавителей прямого электрического нагрева на боросиликатном стекле.

В ходе электроварки стекол основными характеристиками процесса являются тепло- и электропроводность расплава, что позволяет не только контролировать действующие технологические процессы, но и выполнять моделирование перспективных конструкций термического оборудования.

Измерение теплопроводности расплавленных стекол является очень сложной экспериментальной задачей. В силикатных расплавах перенос тепла осуществляется двумя способами: радиационным и конвективным. Радиационная компонента определяется оптическими свойствами как расплава, так и контейнера для измерений. Более того, электрические свойства меняются с температурой. Поэтому как радиационный перенос тепла, так и изменение электропроводности могут вызвать значительные погрешности при измерении термодинамических свойств при высоких температурах.

Целью настоящей работы являлось исследование в широких температурных и концентрационных диапазонах теплопроводности и электропроводности расплавов

боросиликатных стекол, содержащих имитаторы компонентов ВАО, с использованием методов коаксиальных цилиндров и импеданс спектроскопии.

Экспериментальная часть. Методика измерения теплопроводности. Теплопроводность боросиликатных стёкол измеряли методом коаксиальных цилиндров по методике, детально описанной в [1]. Реализация стационарного теплового режима в приборе с коаксиальными цилиндрами позволяет измерить с большой точностью теплопроводность расплава.

Прибор из коаксиально установленных цилиндров помещали в молибденовый стакан, диаметром 40 мм, в который предварительно помещали исследуемый образец. При предварительном нагреве в инертной атмосфере до температуры выше 1150 °С образец заполнял зазор между цилиндрами по всей его длине (слой расплава появлялся над верхним торцом внутреннего цилиндра). Систему охлаждали, вынимали стакан с цилиндрами, проверяли заполнение зазора, помещали в каналы измерительные термопары и внутренний нагреватель.

Собранный прибор нагревали в электрической печи сопротивления, которая имела трехсекционную обмотку, позволяющую получить зону изотермического нагрева протяженностью 150 мм. Изменение температуры поверхности внутреннего и внешнего цилиндров фиксировали во времени. При установлении стационарного состояния измеряли стационарную разность температур, $\Delta T_{\text{стац}}$. Теплопроводность (λ) рассчитывали из результатов измерений градиентов температуры между внешним и внутренним цилиндрами в стационарном режиме ($\Delta T_{\text{стац}}$) и мощности нагревателя (W) по уравнению:

$$\lambda = K \cdot W / \Delta T_{\text{стац}}, \quad (1)$$

где K – константа, определяемая геометрией прибора.

Методика измерения электропроводности. Электропроводность расплавленных стекол изучали методом импеданс спектроскопии в ячейках с параллельными платиновыми электродами. Для измерений использовали потенциостат-гальваностат AUTOLAB PGSTAT302N с внутренним модулем FRA32M, специально разработанным для электрохимической импеданс спектроскопии.

Диаграммы импеданса снимали в интервале частот переменного тока от 100 Гц до 100 кГц с амплитудой напряжения 10 мВ. Методика разработана для исследования расплавленных солей, содержащих оксиды, и более детально описана в [2]. Сопротивление электролита определяли из диаграмм импеданса по значению реальной части импеданса в точке пересечения кривой с осью абсцисс. Электропроводность образцов определяли по уравнению:

$$\kappa = K/R, \quad (2)$$

где κ – электропроводность (См/см),

K – константа электрохимической ячейки (см⁻¹),

R – сопротивление образца (Ом).

Константу экспериментальной ячейки определяли по электропроводности расплава В₂О₃ [11] в температурном интервале, близком к температурному интервалу исследований образцов стекол (800–1000 °С). При расчёте электропроводности образцов учитывали температурную зависимость константы ячейки, которая описывалась линейным уравнением:

$$K = 1.069 + 0.0008 \cdot t \quad (3),$$

где t – температура (°С).

Перед каждым экспериментом по измерению электропроводности образец стекла переплавляли в тигле из стеклоглерода в течение 2 ч. В результате этого процесса образец стекла получали в виде королька заданного объема.

Результаты и обсуждение. Составы исследуемых боросиликатных стекол в массовых и мольных процентах приведены в таблице 1. Основу составляли оксиды SiO₂, В₂О₃, Na₂О, Al₂О₃, MgO, CaO. В качестве компонентов имитаторов ВАО ис-

пользовали оксиды SrO, ZrO₂, MoO₃, Cs₂O, La₂O₃, Ce₂O₃, Nd₂O₃, NiO, Cr₂O₃, Fe₂O₃, SO₃; их общая концентрация не превышала 20 мас.% (или 9 мол.%).

Таблица 1

Составы исследуемых боросиликатных стёкол

Окси-ды	№ Б1		№ Б2		№ БС1		№ БС2		№ БС3		№ БС4	
	мас. %	мол. %	мас. %	мол. %	мас. %	мол. %	мас. %	мол. %	мас. %	мол. %	мас. %	мол. %
SiO ₂	59	61.6	55.6	58.1	49.5	54.6	45.5	50.9	41.5	47.2	37.6	43.4
Al ₂ O ₃	4.8	2.9	4.5	2.8	4.0	2.6	3.7	2.4	3.3	2.2	3.0	2.1
Na ₂ O	10.6	10.7	15.8	15.9	14.0	14.9	17	18.4	20.0	22.0	23.0	25.7
B ₂ O ₃	19.4	17.5	18.3	16.5	16.3	15.5	14.9	14.4	13.6	13.4	12.3	12.3
MgO	0.7	1.7	0.7	1.1	0.7	1.1	0.6	1.0	0.5	0.9	0.5	0.8
CaO	5.4	6.1	5.1	5.7	4.5	5.3	4.2	5.0	3.8	4.6	3.4	4.2
Cr ₂ O ₃	–	–	–	–	0.3	0.1	0.4	0.2	0.4	0.2	0.5	0.3
Fe ₂ O ₃	–	–	–	–	1.0	0.4	1.3	0.5	1.5	0.6	1.8	0.8
Сумма ВАО	–	–	–	–	10.9	4.5	14	5.7	16.6	7.2	19.7	8.6

Теплопроводность. Измерения теплопроводности образцов боросиликатных стекол проводили в интервале температур от 300 до 1150 °С.

Удельная теплопроводность образцов боросиликатных стекол при температурах выше температуры стеклования представлена на рис. 1. В этой области температур теплопроводность боросиликатных стекол незначительно меняется с температурой, но существенно растёт с увеличением доли ВАО в образце. Величины теплопроводности расплавленных боросиликатных стекол с добавками имитаторов ВАО находятся в интервале 1.40–1.65 Вт/м·К.

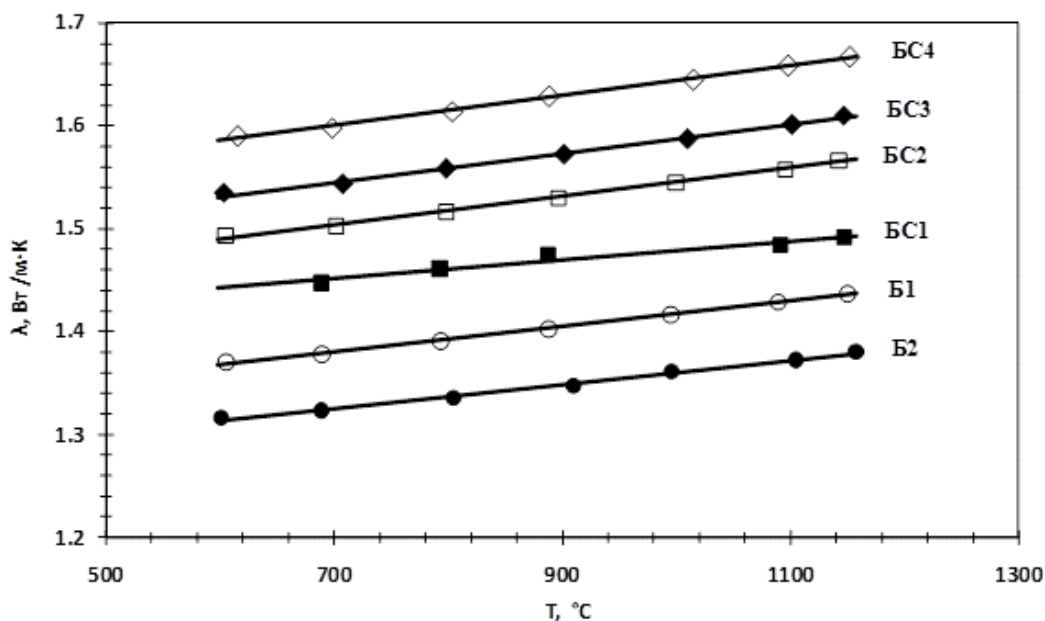


Рис. 1. Удельная теплопроводность боросиликатных стекол при температурах выше температуры стеклования.

Теплопроводность боросиликатных стекол зависит от концентрации имитаторов ВАО и мало меняется с ростом температуры. В состав изучаемых стекол входили основные компоненты (SiO_2 , B_2O_3 , Na_2O) и имитаторы (оксиды переходных металлов) в количестве до 60 %. Было найдено, что выше температуры стеклования величина теплопроводности всех образцов лежит в интервале 1.0–1.5 Вт/м·К.

Электропроводность. Измерения электропроводности стёкол проводили в температурном интервале 550–1050 °С. Температурная зависимость электропроводности исследованных боросиликатных стёкол представлена в графическом виде на рис. 2. В общем, электропроводность исследованных образцов фосфатных стекол выше, чем боросиликатных.

Как видно из рис. 2, электропроводность боросиликатных стекол зависит, главным образом, от концентрации оксида натрия. С увеличением концентрации Na_2O примерно в 2 раза (образцы № Б1 и № БС4, табл. 1) электропроводность возрастает в 8 раз при 1000 °С.

Катионы с большими зарядами менее подвижны и сильнее связаны с ионами кислорода. По этим причинам катионы натрия определяют величину электропроводности боросиликатных стекол. Результаты, полученные в боросиликатных стеклах, содержащих добавки оксидов-имитаторов ВАО, хорошо описываются прямолинейной зависимостью:

$$\ln k = -4.67 + 12.04 \cdot x \quad (4),$$

где x – концентрация катионов натрия (ат.%),

k – электропроводность (См/см).

Таким образом, электропроводность исследованных боросиликатных расплавленных стекол в первую очередь определяется транспортом ионов натрия.

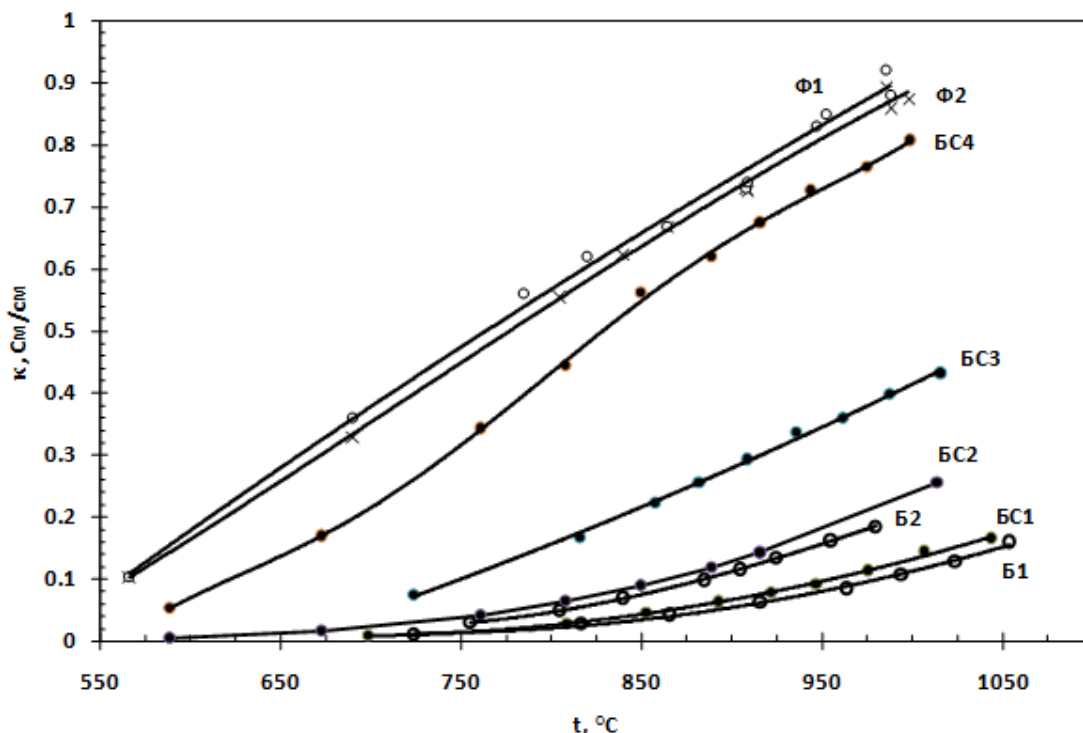


Рис. 2. Электропроводность боросиликатных стёкол.

Выводы. Проведено исследование теплопроводности и электропроводности образцов боросиликатных стекол, отличающихся, в основном, содержанием оксида натрия. Определено, что характер температурной зависимости теплопроводности боросиликатных стекол меняется при температуре стеклования. Величина тепло-

проводности боросиликатных стекол при температурах 600–1200 °С находится в интервале 1.40–1.65 Вт/м·К.

Электропроводность образцов боросиликатных стекол зависит в первую очередь от температуры и содержания оксида натрия. Влияние компонентов имитаторов ВАО в изученном диапазоне концентраций на электропроводность расплавов стекол не столь существенно, поскольку их молярное содержание невелико.

Список литературы:

1. Smirnov M. V. Thermal conductivity of molten alkali halides and their mixtures / Khokhlov V. A., Filatov E. S. // *Electrochimica Acta*. – 1987. V.32. No.7. P. 1019–1026.
2. Дедюхин А. Е. Электропроводность расплавленной системы [(KF–AlF₃)–NaF]–Al₂O₃/ Аписаров А. П., Ткачева О. Ю., Редькин А. А., Зайков Ю. П., Фролов А. В., Гусев А. О.// *Расплавы*. 2009. № 2. С.18–22.

**INVESTIGATION OF PERFORMANCES OF BOROSILICATE GLASSES
DESIGNED FOR RADIOACTIVE WASTE IMMOBILIZATION**

**M.B. Remizov¹, P.V. Kozlov^{1,3*}, N.V. Vlasova¹, E.A. Belanova¹, A.V. Rudenko²,
A.A. Kataev², A.A. Redkin², O.Y. Tkacheva^{2,4}, V.N. Dokutovich², E.S. Filatov²,
Y.P. Zaykov^{2,4}**

¹*Federal State Unitary Enterprise Mayak Production Association,
Ozyorsk, 456783, Russia*

²*Institute of High Temperature Electrochemistry, Ural Branch of Russian Academy
of Sciences, Ekaterinburg, 620137, Russia*

³*Ozyorsk Institute of Technology of National Research Nuclear University
MePhI (Moscow Engineering Physics Institute), Ozyorsk, 456783, Russia*

⁴*Ural Federal University, Ekaterinburg, 620002, Russia*

**e-mail: kozlov_pavel@inbox.ru*

Abstract

The coaxial-cylinder method and the impedance-spectroscopy method were used to investigate thermal and electric conductivity of borosilicate and aluminophosphate glasses that contained simulators of high-level waste (HLW) resulted from reprocessing of spent nuclear fuel. Thermal conductivity of borosilicate glasses with HLW simulators varied from 1.40 to 1.65 W/m·K within the temperature range from 600 to 1200°C. Electric conductivity of aluminophosphate and borosilicate glasses is conditioned mainly by sodium oxide concentration and varies significantly with temperature.

**ФОРМИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ
В УЧРЕЖДЕНИЯХ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ
ПРЕДМЕТОВ В ОБЛАСТИ ЯДЕРНОЙ И РАДИАЦИОННОЙ
БЕЗОПАСНОСТИ**

И.В. Ролевич¹, Г.И. Морзак², Е.В. Зеленухо³

¹Белорусский национальный технический университет,

г. Минск, 220013, Республика Беларусь,

e-mail: ¹igor_rolevich@tut.by, ²galinabntu@yandex.ru, ³z_elen80@mail.ru

Быстрое обновление знаний в области технических наук, ядерной и радиационной безопасности, ставит перед учреждениями высшего образования (УВО) задачу подготовки специалистов, способных адаптироваться к быстро изменяющимся условиям современного общества, самостоятельно приобретать необходимые для успешной работы знания и навыки, применять их на практике для решения производственных и экологических задач [1]. Информационно-образовательная среда (ИОС) УВО – это система, включающая материально-технические, информационные и кадровые ресурсы. Формирование эффективной и конкурентоспособной ИОС в области ядерной и радиационной безопасности является важным фактором построения инновационной экономики.

Методологическую и теоретическую основу исследования составили педагогические концепции компетентностного подхода к образованию, теоретические разработки проблем использования современных информационных технологий в обучении, теория моделирования учебного процесса. Решение поставленных задач осуществлялось как теоретическими, так и эмпирическими методами исследования. ИОС нового уровня объединяет педагогическую систему и ее обеспечение. Она представит собой совокупность взаимодействующих подсистем: информационно-образовательных ресурсов; компьютерных средств обучения; современных средств коммуникации; педагогических технологий [2]. Применительно к области ядерной и радиационной безопасности ИОС будет являться одним из важных инструментов в течение всего процесса обучения. Основными принципами формирования такой ИОС являются системность, полисубъективность, актуальность содержания, форм и методов организации образовательного процесса, модульность, многофункциональность.

Нами [3] отмечено, что ИОС формируется преподавателем (содержание программы курса, выбор учебной литературы, методы преподавания, стиль общения и т.д.), педагогическим коллективом УВО (общие требования к учащимся, форму взаимоотношений педагогического и ученического коллективов и пр.) и государством, как общественным институтом (обеспечение образования в целом, социальный заказ на формирование системы знаний и взглядов). В соответствии с «Концепцией информатизации системы образования Республики Беларусь на период до 2020 г.», основными направлениями информатизации системы образования Беларуси являются формирование образовательной среды на базе «облачных» технологий, модернизация технической инфраструктуры информатизации системы образования, разработка электронных образовательных ресурсов системы образования, обеспечение сетевого взаимодействия участников образовательного процесса, распространение дистанционной формы получения образования, развитие кадрового потенциала информатизации образования и информатизация системы управления образованием [4]. Предусматриваются следующие подходы к реализации этих направлений: проектный подход к информатизации на основе

комплексных решений, гибкость планирования процессов информатизации, ориентированность на практический результат, максимальное использование личных компьютерных устройств, партнерство государства и бизнеса.

Основными принципами формирования предлагаемой нами ИОС в области ядерной и радиационной безопасности являются системность; многокомпонентность, интегральность, распределенность, адаптивность. Требованиями, предъявляемыми к ИОС в области ядерной и радиационной безопасности, должны стать многофункциональность, целостность, модульность, полисубъектная направленность и многоуровневость. Критериями качества ИОС являются насыщенность, структурированность и продуктивность, что позволяет системе образования модернизировать свой технологический базис, перейти к образовательной информационной технологии в широком смысле этого слова [5]. Для создания и развития ИОС должен быть полностью задействован научно-методический, информационный, технологический, организационный и педагогический потенциал, имеющийся в УВО. Основными требованиями к компонентам, входящим в состав среды, является наличие четкой методики их использования в учебном процессе, взаимосвязи с телекоммуникационными ресурсами.

Основой ИОС, является дисциплинарное ядро (учебные дисциплины в области ядерной и радиационной безопасности). Дисциплинарное ядро представляет собой большой гипертекстовый документ. Учебно-информационные материалы ИОС технического УВО являются основой обеспечения обучения и содержат ЭУМК, электронные учебники, презентации, дидактические материалы, учебно-методические рекомендации, методические указания для студентов и преподавателей, справочные материалы. Предложения по структурной организации ИОС УВО при изучении предметов в области ядерной и радиационной безопасности представлены на рис.1. ИОС в УВО должна включать организационно-методический блок, блоки электронно-образовательных ресурсов, учебных информационно-коммуникационных технологий и учебно-информационно-справочных материалов, а также контрольно-диагностический блок.

ИОС сможет обеспечивать качество результатов образования только при эффективном использовании входящих в нее ресурсов и инструментов. Функционирование и развитие основных компонентов ИОС базируются на правильном сочетании теории и практики. Средства поддержки и развития ИОС позволят УВО эффективно обретать, хранить и использовать знания, накопленные в различных, в том числе международных хранилищах и депозитариях.

Средства поддержки и развития ИОС УВО включают в себя комплекс информационных образовательных ресурсов, в том числе цифровые образовательные ресурсы, совокупность технологических средств информационно-коммуникационных технологий, постоянное обновление базы данных, с учетом современных технологий и требований нормативных правовых актов в области природопользования и экологической безопасности. Организационно-управленческие средства обеспечивают создание условий и стимулов для эффективного использования персоналом новых знаний, планирование организацией использования человеческих ресурсов и процессов, обеспечивающих их развитие.

Типовая организационная структура ИОС должна включать: центральный выделенный сервер для хранения единой базы данных УВО и иных информационных ресурсов общего доступа; компьютерные классы для преподавания различных курсов и дисциплин; программные модули автоматизации библиотеки (медиатеки), учебных предметных кабинетов; вузовский информационно-методический центр; демонстрационные комплексы.



Рис. 1. Предложения по структурной организации ИОС УВО при изучении предметов в области ядерной и радиационной безопасности.

Важной частью ИОС должны стать базы данных нормативных и правовых актов в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности. Непременным условием эффективного использования ИОС является качественное информационное наполнение, обеспечивающее поддержку процесса обучения, научных исследований и управления. На рис.2 представлена в общем виде схема средств поддержки и развития ИОС гипотетического УВО.

Предлагаемая ИОС имеет следующие характеристики: возможность индивидуального самообучения, открытость, целостность и технологичность. Факторами, обеспечивающими целостность построения ИОС в УВО станут организованность, целеустремленность, многофункциональность, приспособляемость, воспроизводимость, открытость, технологичность, реализуемость, эволюционность, самодостаточность, динамичность.

Необходимость постоянного дополнения и обновления учебно-методических материалов, отражающих достижения современной науки и производства, использование дополнительных материалов (результатов научно-исследовательских работ, курсового проектирования и выпускных квалификационных работ), необходимость использования большого количества графического и видео материала являются особенностями, влияющими на информационно-методическое содержание ИОС.

Внедрение средств поддержки и развития ИОС в УВО при изучении предметов в области ядерной и радиационной безопасности поможет избежать риски, в первую очередь: риска принятия ошибочного управленческого решения из-за

недостаточности знаний по существу вопроса; риска снижения качества конечного результата от применения знаний вследствие использования недостоверных результатов; риска срыва сроков реализации проектов вследствие неспособности исполнителей адаптировать существующий опыт при выборе проектных решений; риска возникновения повторных затрат на обоснование решений вследствие недооценки предыдущего опыта и знаний.



Рис. 2. Схема средств поддержки и развития ИОС УВО.

Список литературы:

1. Киселева А.А., Стародубцев В.А Персональные образовательные сферы в контексте дистанционных образовательных технологий // Открытое образование. 2010. №6(83). - С. 68-78.
2. Атанасян С.Л., Григорьев С.Г., Гриншкун В.В. Теоретические основы формирования информационной образовательной среды педагогического вуза. Информационная образовательная среда. Теория и практика // Бюллетень Центра инфор-

- матики и информационных технологий в образовании. ИСМО РАО. М.: ИСМО РАО. 2007. Вып. 2. - С. 5–14.
3. Ролевич И.В. Морзак Г.И., Зеленухо Е.В. Анализ международных проектов по накоплению и сохранению знаний в области ядерной и радиационной безопасности // Материалы 15-й Международной научно-технической конференции «Наука – образованию, производству, экономике». Мн.: БНТУ. 2017. - С. 156.
 4. Концепция информатизации системы образования Республики Беларусь на период до 2020 года. Утверждена Министерством образования Республики Беларусь 24 июня 2013 г. Мн.:2013. – 20 с.
 5. Федотова Е.Л., Федотов А.А. Информационные технологии и системы: учебное пособие. М.: ИД ФОРУМ: ИНФРА-М. 2015. - 336 с.

**THE FORMATION OF INFORMATION AND EDUCATION ENVIRONMENT
IN INSTITUTIONS OF HIGHER EDUCATION TO STUDY SUBJECTS
IN THE FIELD OF RADIATION AND ENVIRONMENTAL SAFETY**

I.V. Ralevich¹, G.I. Morzak², E.V. Zelianukha³

*Belarusian National Technical University, Minsk, 220013, Republic of Belarus,
e-mail: ¹igor_olevich@tut.by, ²galinabntu@yandex.ru, ³z_elen80@mail.ru*

Abstract

The Information and Education Environment (IEE) of the institution of higher education (IHE) is characterized by constantly developing educational resources. Its development promotes optimization of ecological education. IEE includes substantial educational information (didactic, methodical, legislative, organizational, etc.) necessary for effective management of educational process with the guaranteed quality of training of the specialist. Communication between the educational space and IEE offered by the content of IEE in the field of nuclear and radiation safety, the basic principles of the IEE IHE organization and their levels are studied during the researches. IEE as parts of educational space of IHE is the factor of improvement of quality of education is shown in article. The means of support and development of IEE IHE (technological, information resources, information technologies) and their possibilities of filling of IEE are defined. It is shown that information resources for the support and development of IEE are databases and informational systems, information and education portal, e-books and encyclopedias, Internet resources, etc. Proposals on development of IEE IHE for studying of nuclear and radiation safety as environmental safety are developed. Methodical aspects of use of IEE in the field of nuclear and radiation safety have to develop constantly and be based on requirements of laws and regulations in the field of radiation and environmental safety. It will allow graduates to have knowledge and skills, both in the field of the selected specialty, and in the field of environmental safety.

РАЗРАБОТКА БАЗЫ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ОБЪЕКТОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

М.В. Романовский¹; О.В. Селиваникова²

*Томский Политехнический университет, г. Томск, 634034, Российская Федерация,
e-mail: ¹noiremagnus@gmail.com, ²selov@tpu.ru*

Необходимость совершенствования управления системой физической защиты важных государственных объектов с целью противодействия террористическим угрозам становится в настоящее время важнейшей задачей, отвечающей самым насущным потребностям населения страны, одной из ключевых предпосылок стабилизации ее социально-экономического положения. Особенно это касается объектов ядерно-оружейного комплекса и ядерной энергетики, топливно-энергетического и химического комплексов, других критически важных отраслей [1].

В условиях возрастающих возможностей современных технологий задача построения СФЗ становится актуальной уже на ранних стадиях проектирования. Это связано с высокой стоимостью СФЗ и требованиями, предъявляемыми к их надежности [2].

Главное преимущество математических моделей состоит в том, что они являются удобным инструментом для изучения особенностей функционирования СФЗ важных государственных объектов. Модели позволяют оценить варианты поведения социальной компоненты СФЗ (персонала) в тех или иных условиях, проанализировать возможные сценарии деятельности, предложить и сразу опробовать различные способы ее совершенствования [2].

Моделирование основано на прямом описании моделируемого объекта. Важнейшей характеристикой таких моделей является структурное подобие объекта и модели. При построении имитационной модели описываются законы функционирования каждого элемента объекта и связи между ними. Работа с имитационной моделью заключается в проведении имитационного эксперимента. Процесс, который происходит в модели в ходе эксперимента аналогичен процессу в реальном объекте; поэтому исследование объекта на его имитационной модели сводится к изучению характеристик процесса, что происходит в ходе эксперимента.

Данный исследование направлено на расширение возможностей образовательного процесса на всех стадиях подготовки кадров для реализации своей трудовой деятельности на объектах атомной промышленности.

На стадии тестирования проект планируется внедрить в образовательную программу ТПУ в качестве необязательного дополнения к обучению для ускоренного совершенствования проекта.

Через пять лет проект может официально войти в образовательную систему в виде интерактивного дополнения к обучению в университете.

Проект должен быть реализован для целей, позволяющих упростить образовательный процесс и наделить его интерактивными способностями, таким образом обучающийся сможет, например, самостоятельно построить систему физической защиты ядерного объекта и привести ее в действие, создав некую модель нарушителя и наглядно посмотреть, как она выполняет свои функции.

Формирование задач, реализуемых проектом:

- стандартизировать систему обучения;
- упростить образовательный процесс по подготовке персонала для реализации трудовой деятельности на объектах атомной промышленности;
- увеличить спектр возможностей при обучении;

– ускорить процесс поиска необходимой достоверной информации в сфере атомной промышленности.

Проект направлен на создание системы, объединяющей обеспечение безопасности использования ядерной энергии в мирных целях и при этом активно взаимодействующими между собой следующими разделами:

- ядерная безопасность;
- радиационная безопасность;
- физическая защита.

На данный момент подобных программ, которые можно было бы внедрить в образовательный процесс нет, либо они уже устарели и потеряли актуальность.

Данный проект будет представлять собой кроссплатформенную программу (приложение) с понятным и доступным интерфейсом, при этом основной платформой для её использования предполагается ПК.

В программе планируется уместить несколько возможностей. Во-первых, это способность моделировать имитационные объекты и процессы атомной промышленности, во-вторых, содержать в себе базу данных всех нормативно-правовых документов как РФ, так и международных.

Также планируется реализовать данную программу на мобильной платформе, которая скорее всего не будет обладать всеми функциями аналогичного приложения, реализуемого для платформы ПК, к примеру способностью к моделированию, но будет обладать способностью открыть смоделированный заранее проект в режиме предварительного просмотра, к примеру чтобы показать преподавателю проделанную работу по проектированию системы безопасности.

База данных. База, включающая все нормативно-правовые документы, обеспечивающие безопасность при обращении с ядерными и радиоактивными материалами как на территории РФ, так и международные; все радионуклиды и ядерные материалы; все виды ядерных и радиационных объектов; различные вариации объектов и изотопов, к которым бы прикреплялась вся нормативная база.

Кроме того, данное приложение может использоваться как обычная “шпаргалка” для персонала АЭС или же как пособие для переаттестации или повышения квалификации. К примеру, в данном приложении можно ввести должность, и на экране появятся ссылки на все инструкции, которые должен знать сотрудник. Это может помочь в случаях, когда сотрудник не связан с данной отраслью напрямую, но работает на территории опасного объекта. Например, сварщика, работающего на территории АЭС, отправлять учить все правила безопасности несколько лет бессмысленно и не выгодно, альтернативой будет являться данное приложение, в котором будет только то, что необходимо знать ему, и ничего лишнего.

Моделирование. Одним из главных функций, которыми должен обладать проект – это возможность моделирования и имитационного представления объекта атомной промышленности.

Имитационная модель должна обладать возможностью создать, отобразить, изобразить любой типовой объект использования атомной энергетики.

К примеру, необходим такой раздел, при открытии которого можно было бы наблюдать полностью функционирующий объект атомной промышленности с отображением информации касательно данного объекта, по клику на какой-либо элемент, пусть это будет определение, технические характеристики и ссылки на нормативные документы.

Кроме того, в проект планируется добавить режим разбора кейсов, например, задание расставить датчики обнаружения внутри помещения, построить периметр, найти ошибки в уже построенном проекте, подобрать материал для защиты от радиации, решить какую-то проблемную ситуацию.

Рассматривается возможность применения данного приложения для курсового проекта, а именно долгосрочное проектирование объекта использования атомной энергии, причем возможность проектирования с компьютера, но с возможностью отображения с телефона для упрощенного консультирования.

Так же возможность посмотреть, как происходит процесс обороны объекта в реальном времени при том или ином виде вмешательства в зависимости от того, как построена система физической защиты, как изменяется безопасность в зависимости от проектирования радиационной безопасности, или же каким образом изменяются параметры при ядерной безопасности.

Список литературы:

1. Олейник А.С. Анализ современных программных средств моделирования систем физической защиты объекта / В.И. Кирин, А.С. Олейник // Научно-практический журнал «Вопросы защиты информации». 2010. – №1. – С. 57-62.
2. Олейник А.С. Методика использования имитационной модели для совершенствования системы физической защиты важных государственных объектов / А.С. Олейник // Труды Академии управления МВД России. – 2011. – №4. – С.114-117.
3. Емельянов А.А. Имитационное моделирование экономических процессов А.А. Емельянов, Е.А. Власова - М. Финансы и статистика, 2002.

**DEVELOPMENT OF A BASE OF IMITATION MODELS OF OBJECTS
OF THE USE OF NUCLEAR ENERGY**

M.V. Romanovskiy¹; O.V. Selivanikova²

*Tomsk Polytechnic University, Tomsk, 634034, Russian Federation,
e-mail: ¹noiremagnus@gmail.com, ²selov@tpu.ru*

Abstract

The need to improve the management of the system of physical protection of important state facilities in order to counter terrorist threats is now becoming the most important task meeting the most pressing needs of the country's population, one of the key prerequisites for stabilizing its socio-economic situation.

The project aims to empower the educational process at all stages of training for the implementation of their work activities in the nuclear industry facilities, allowing to simplify the educational process and give it interactive capabilities.

The project is aimed at creating a system that unites ensuring the safe use of nuclear energy for peaceful purposes and at the same time actively interacting the following sections:

- nuclear safety;
- radiation safety;
- physical protection.

УДК 631.4

ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ СЕВАСТОПОЛЯ: ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ

С.И. Рубцова

*Филиал МГУ им. М. В. Ломоносова в городе Севастополе, 299001, Россия,
e-mail: rsi1976@mail.ru*

Почвенный покров Севастополя является важнейшим и неотъемлемым компонентом экосистемы города и во многом определяет эффективность городского хозяйствования, функционирование, устойчивость и безопасность для проживания людей.

Основными почвенными разновидностями на территории Крыма являются черноземы, темно-каштановые почвы, солонцы и солончаки, бурые горнолесные, коричневые и горно-луговые почвы [1, 5] (Рис. 1). В Севастопольском регионе выделяют несколько типов почв, такие как луговые и черноземно-луговые, дерново-карбонатные почвы, коричневые почвы сухих лесов и горно-луговые почвы [1-3].

В границах Севастополя выделяют на озелененных территориях естественные природные и урбаноземы. Городские почвы перерыты всевозможными видами застройки и асфальтовым покрытием, в том числе жилой застройкой, частный сектор, различные сооружения и промышленная застройка.

В Севастополе существует ряд аспектов, которые представляют опасность загрязнения городских почв с эколого-гигиенической точки зрения. Почвенный покров является прежде всего накопителем значительной массы разнообразных загрязняющих веществ, высока эпидемиологическая значимость загрязненной химическими веществами почвы, а также возможность непосредственного и опосредованного воздействия содержащихся в почве поллютантов на живые организмы, изменение буферной способности и снижение биоактивности почвы в условиях интенсивного загрязнения. Кроме того необходимо отметить значимость почвы для развития зеленых насаждений, играющих большую роль в формировании качества городской среды и как вторичного источника загрязнения приземного слоя атмосферного воздуха, жилой и производственной среды, природных вод; важность почвы как универсального абсорбента и биологического нейтрализатора, осуществляющего естественную минерализацию многих органических веществ.

По городу Севастополю и Республике Крым осуществляется контроль за соблюдением эпидемиологической безопасности почвы населенных мест в соответствии с СанПиН 2.1.7. 1287-03 Межрегиональным управлением Роспотребнадзора. Оценка качества почв проводится в соответствии с СанПиН 2.1.7.1287-03 «Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы» [4].

Проблемными вопросами почвенного покрова на территории города Севастополя и Республики Крым, помимо атмосферных загрязнений, остаются производственные и бытовые отходы, являющиеся источниками загрязнения почвы в населенных местах. Причинами могут явиться отсутствие эффективной системы управления отходами; неполный охват населения планово-регулярной системой очистки; отсутствие современных полигонов для размещения твердых коммунальных отходов, отвечающих экологическим и санитарно-гигиеническим требованиям; отсутствие централизованной системы сбора и утилизации медицинских отходов; отсутствие достаточного количества производственных мощностей для сортировки, переработки твердых бытовых отходов; размещение отходов на несанкционированных местах.

В качестве рекомендаций улучшения экологического состояния, безопасности среды и для достижения комфортных условий жизнедеятельности населения, а так-

же с целью выявления очагов загрязнения почв, в том числе выявления участков размещения скотомогильников и биотермических ям, необходимо создание систем мониторинга почв по геохимическим, санитарно-химическим, микробиологическим показателям. Почвенная карта Крыма представлена на рисунке 1.

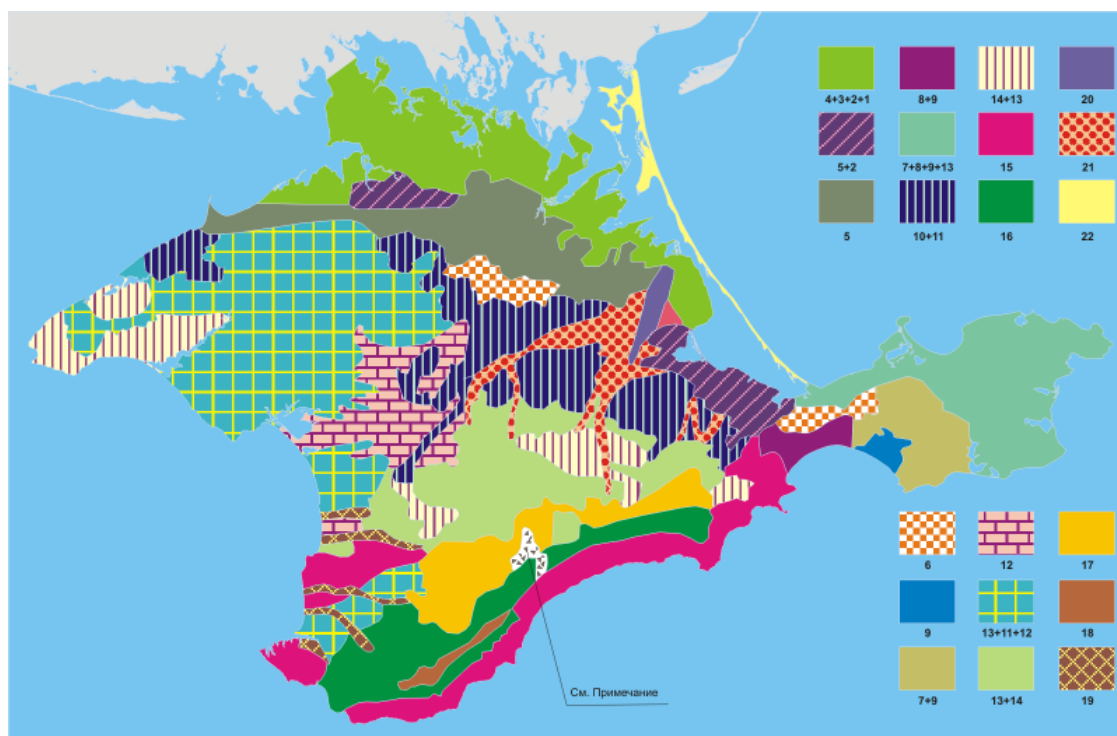


Рис. 1. Почвенная карта Крыма [5]

- 1 - солончаки; 2 - солонцы на лёссовидных отложениях; 3 - каштаново-луговые солонцеватые; 4 - лугово-каштановые солонцеватые; 5 - темно-каштановые солонцеватые; 6 - черноземы южные слабо- и среднесолонцеватые; 7 - черноземы солонцеватые на сарматских и майкопских глинах; 8 - темно-каштановые солонцеватые на майкопских глинах; 9 - солонцы на майкопских глинах; 10 - черноземы южные; 11 - черноземы южные мицелярно-карбонатные; 12 - черноземы южные мицелярно-карбонатные на красно-бурых глинах; 13 - черноземы карбонатные на элювии и делювии карбонатных пород; 14-дерново-карбонатные; 15-коричневые; 16 - бурые горнолесные; 17-бурые горные остепненные; 18 - горно-луговые; 19 - аллювиально-луговые и черноземно-луговые; 20 - черноземно-луговые солонцеватые; 21 - лугово-черноземные; 22 - дерново-песчаные почвы.

Одной из важнейших частей экологического надзора в области охраны почв, обеспечивающих его эффективность, являются работы по экологическому мониторингу почв. К ним относятся: проведение инвентаризации несанкционированных свалок, а при выявлении таковых, проведение реабилитации и рекультивации территорий; рекультивация свалки в районе Мекензиевых гор; рекультивация по завершении эксплуатации закрытых карт полигона твердых коммунальных отходов в Первомайской балке; рекультивация на месте выводимых промышленных предприятий и коммунальных объектов; обеспечение застроенной части территории города централизованным канализованием; проведение реконструкции существующих очистных сооружений хозяйственно-бытового стока; обеспечение организации отвода и очистки поверхностного стока; обеспечение охвата системы сбора и вывоза бытовых отходов, особенно частного сектора, садоводческих товариществ, баз отдыха и мест проведения культурно-массовых мероприятий.

При проектировании малоэтажной застройки, предусматривающей использование земельных участков для выращивания сельскохозяйственной продукции, необходимо проводить мероприятия по обследованию почвенного покрова на наличие в нем токсичных веществ и соединений, а также радиоактивности, с последующей дезактивацией и реабилитацией. Особо загрязненные участки с высокой степенью

загрязнения необходимо выводить на консервацию с созданием объектов зеленого фонда. Исключить выращивания продуктов питания вдоль автодорог. При отведении участков под жилую застройку и строительство социальных учреждений в зонах с зафиксированным загрязнением почв необходимо осуществлять только при наличии заключения об экологической безопасности почв или программы по ее рекультивации.

Обеспечение сохранения и восстановления естественного плодородия почв на землях сельскохозяйственного назначения напрямую зависит от стимулирования развития экологически чистых сельскохозяйственных технологий и внедрения адаптивно-ландшафтных систем земледелия, максимально соответствующих природно-климатическим условиям Севастопольского региона.

Список литературы:

1. Драган Н.А. Почвенные ресурсы Крыма. - Симферополь: ДОЛЯ, 2004.- 208 с.
2. Доклад о состоянии и охране окружающей среды города федерального значения Севастополя в 2014 году // Главное управление природных ресурсов и экологии города Севастополя (Севприроднадзор). - 40 с.
3. Доклад о состоянии и охране окружающей среды города федерального значения Севастополя в 2015 году // Главное управление природных ресурсов и экологии города Севастополя (Севприроднадзор). - 147 с.
4. СанПиН 2.1.7.1287-03 «Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы» (с изм. от 25.04.2007).
5. Половицкий И.Я., Гусев П.Г. Почвы Крыма и пути повышения их плодородия. - Симферополь: Таврия, 1987. - 152 с.

THE SOIL OF SEVASTOPOL: PROBLEMS AND SOLUTIONS

S.I. Rubtsova

*Sevastopol campus Lomonosov Moscow State University, 299001, Russia,
e-mail: rsi1976@mail.ru*

Abstract

There is a modern condition of soils of Sevastopol; sources of pollution of soils; recommendations for improvement of their ecological condition. The work on environmental monitoring of soils is one of the most important parts of environmental supervision in the field of soil protection, ensuring its effectiveness. There are inventory of unauthorized landfills; recultivation of landfills; centralized sewerage; reconstruction of treatment facilities of household runoff; organization of drainage and treatment of surface runoff; system of collection and removal of household waste. The preservation and restoration of natural soil fertility on agricultural land depends on stimulating the development of environmentally friendly agricultural technologies and the introduction of adaptive landscape farming systems that best meet the natural and climatic conditions of the Sevastopol region.

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ВОВЛЕЧЕНИЯ ХВОСТОВ ОБОГАЩЕНИЯ ЗОЛОТО-МЫШЬЯКОВИСТЫХ РУД В ЭКСПЛУАТАЦИЮ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ РЕГИОНА

М.В. Рыльникова¹; Д.Н. Радченко¹; К.Н. Залевская²; В.С. Лавенков¹

¹ИПКОН РАН, г. Москва, 11102, Россия, e-mail: mining_expert@mail.ru

²РУДН, г. Москва, 11102, Россия, e-mail: zalevskaya.karolina@mail.ru

Введение. На Урале, охватывающим не более 3–4% территории России, содержится почти 14% российских запасов золота, что исторически определяет устойчивое развитие региона [1-4]. Доминирующие геолого-промышленные месторождения Урала включают собственно золоторудные, с долей запасов 43% и долей добычи 52%, комплексные золотосодержащие – 42% и 31%, соответственно; россыпные месторождения 15% и 17%.

Золоторудные месторождения и проявления Урала представлены разнообразными рудными формациями: золото-кварцевой, золото-сульфидно-кварцевой, золото-сульфидной, золото-колчеданной, золото-карбонат-сульфидной, золото-известково-силикатной, золото-джеспериодной, золотоносных конгломератов и «железными шляпами». Историческим центром золотодобычи является г. Пласт. История города неразрывно связана с золотодобычей. В начале XIX века уже были добыты первые 1,5 кг благородного металла и началось освоения золотоносных приисков, таких как: Успенское, Воскресенское, Аверьяновское, Новотроицкое и др.

В настоящее время эксплуатационные работы на коренных жильных месторождениях золота АО «ЮГК» характеризуются сокращением объемов воспроизводства ресурсной базы, снижением качественных характеристик добываемых руд и переходом на добычу и переработку весьма бедного минерального золотосодержащего сырья. Кроме того, усложняется геомеханическая обстановка в зоне ведения горных работ, что выражается в росте интенсивности проявлений горного давления, в том числе, в динамической форме, и увеличением себестоимости добычи.

Методы исследований. Одним из решений по расширению минерально-сырьевой базы, направленных на увеличение выпуска товарной продукции с одновременным снижением экологического ущерба является переработка техногенных образований прошлых лет с организованным складированием отходов на изолированных полигонах, либо в выработанном пространстве камер подземных рудников [5]. Таким образом, типичные производственные задачи трансформируются в крупную научную проблему, решение которой должно базироваться на разработке полной цепочки производственных решений – от геологической разведки и подсчета запасов техногенных образований до решения задачи конечной утилизации отходов.

Для этого проведены исследования технологий добычи и переработки лежалых хвостов обогащения Кочкарского и Новотроицкого месторождений.

Задачами исследований являлись:

- а) обобщение опыта изучения и освоения хранилищ отходов переработки руд благородных металлов в России и мире в целом;
- б) оценка горно-геологических, геомеханических и горнотехнических условий добычи лежалых хвостов обогащения Кочкарского и Новотроицкого месторождений;
- в) исследование закономерностей распределения качества и технологических свойств хвостов обогащения, складированных в техногенных образованиях;
- г) определение перспективных технологических решений, соответствующих современному уровню развития геотехнологий и способствующих росту производственной мощности рудников;

д) разработка технологических рекомендаций по обоснованию приоритетного порядка и направления развития горных работ при рекультивации территории, занятой техногенным образованием с извлечением ценных компонентов.

С учетом особенностей строения массива и состояния лежалых хвостов, необходимости обеспечения роста производственной мощности предприятия и укрупненной оценки экономической эффективности был проведен комплекс полевых, лабораторных и опытно-технологических исследований.

Основные результаты и их обсуждение. Новотроицкое месторождение мышьяковистых руд осваивается с 19 века. Однако, первое системное описание проектных решений относится к 1938-1939 гг. 20 столетия.

В ходе исследовательских работ проведена реконструкция горнотехнической ситуации начала 20-го века по обрывочным данным сохранившихся проектных материалов и публикаций. Так, согласно Проекту на разработку Новотроицкого месторождения 1939 г., до 1938 г. производилась его хаотичная отработка. Участков, которые были бы полностью отработаны и систематически опробованы, имелось весьма ограниченное количество. Такие участки приурочены к Трифоновской и Диановской жилам. Трифоновская жила имела только 4 опробованных и отработанных блока [6].

На рис. 1 приведены примеры выполненной по материалам исследований реконструкции проектов отработки жил шахт Кареевская и Толстых.

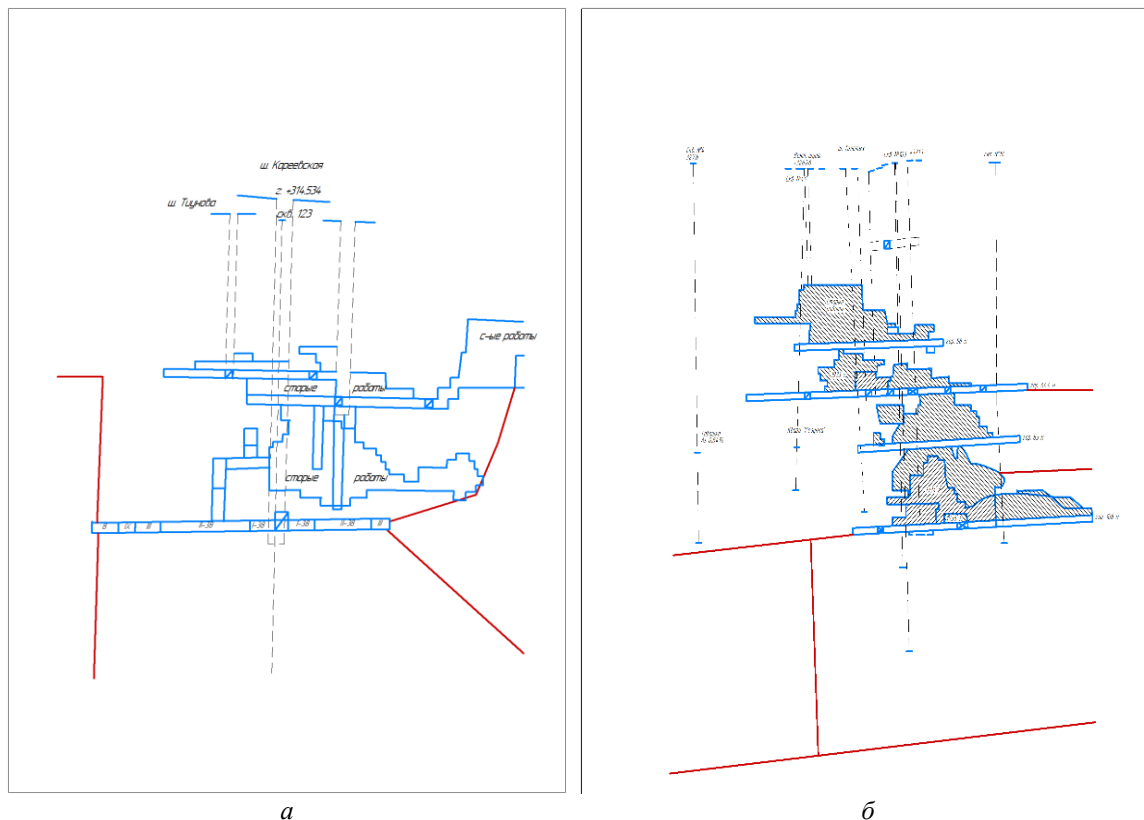


Рис.1. Схема к ПРГР по шахте Кареевская (а) и по шахте Толстых (б) (реконструкция по данным 1935 г.).

Проведенные изыскания показали, что Новотроицкое месторождение, представленное многочисленными тонкими жилами, являлось уникальным по содержанию мышьяка и характеризовалось достаточно высоким содержанием золота. Общие геологические запасы, согласно Проекту 1939 г., оценены в 563163 тонны руды, в которых мышьяка более 43000 тонн, золота – более 4 тонн.

В изменившихся условиях, когда Южноуральские предприятия работают на рудах с содержанием золота 0,5%, такие запасы и заброшенные шахты Новотроицкого

месторождения перспективно восстановить и использовать для восполнения минерально-сырьевой базы ОА «Южуралзолото Группа Компаний».

Более того, обработка исходных данных показала, что в хвосты обогащения руд поступало порядка 14 % мышьяка и золота. В пересчете на абсолютные величины хвосты обогащения содержали 0,7-0,9 % мышьяка и более 1,5 г/т золота. Систематических анализов и учета попутных компонентов не проводилось. В рудах в разное время обнаруживали галлий, германий, серебро. Многокомпонентный состав хвостов обогащения указал на необходимость их изучения как объекта комплексного освоения и многокомпонентной переработки сырья.

В этой связи, особый интерес представляет обобщение опыта освоения хранилищ отходов обогащения благородных и цветных металлов. В результате многолетней эксплуатации, главным образом, железорудных, медных и полиметаллических, золоторудных предприятий Южного Урала в регионе сформированы техногенные образования прошлых лет в промышленно значимых объемах, требующие разработки инновационных подходов к их изучению и выбору технологий использования техногенного сырья. Данная научно-практическая задача тем более значима для условий перспективной эксплуатации техногенных образований, документация на которые к настоящему времени утрачена, либо вовсе не велась.

В рамках экспедиции 2018 г. изучены техногенные образования, сформированные в конце 19 – первой половине 20 веков на базе хвостов обогащения руд Новотроицкого месторождения. Исследования, проведенные в регионе, позволили обнаружить места складирования этих отходов, которые прослеживаются на спутниковых снимках (рис.2).



Рис.2. Оконтурированная площадь Новотроицкого хвостохранилища на космоснимке с развитой по его склонам эрозионной формой рельефа.

Методика проведения исследований предусматривала анализ данных спутниковых наблюдений и полевые геологические и геофизические исследования, бурение геологических скважин с отбором проб по глубине массива, оценку структуры техногенных массивов и технологических свойств техногенного сырья для выбора параметров технологий его добычи и переработки. Такой подход тем более значим, что отходы обогащения золото-мышьяковистых руд содержат мышьяк, который является существенным фактором загрязнения окружающей среды.

Результаты исследований показали, что во всех отобранных пробах по глубине отвала присутствует мышьяк. В качестве примера в таблице 1 приведено содержание мышьяка по глубине на примере 4 пробуренных скважин. Установлено, что содержание As с глубиной растет, что указывает на процессы окисления сульфидов и миграции мышьяка из приповерхностных слоев в окружающую среду. Это подтверждает целесообразность вовлечения лежалых хвостов обогащения руд в эксплуатацию с последующей утилизацией в специализированных хранилищах, в том числе, изолированных полигонах и подземных камерах [7,8].

Таблица 1

Результаты анализов проб хвостов Новотроицкого отвала на содержания As

<i>1 скважина</i>		<i>2 скважина</i>	
Глубина, м	As, %	Глубина, м	As, %
0-2	0,068	0-2	0,1
2-4	0,08	2-4	0,141
4-6	0,206	4-6	0,178
6-8	0,237	6-8	0,239
8-10	0,43	8-10	0,249
10-12	0,499	10-12	0,154
<i>3 скважина</i>		<i>4 скважина</i>	
Глубина, м	As, %	Глубина, м	As, %
0-2	0,183	0-2	0,177
2-4	0,196	4-6	0,343
4-6	0,171	6-8	0,351
6-8	0,331	8-10	0,327
8-10	0,362	10-12	0,292
10-12	0,338	12-14	0,557
12-14	0,258	14-16	0,473
14-16	0,202	16-18	0,227
16-18	0,066	18-20	0,281

На основании результатов исследований предложены технологические решения по вовлечению отходов обогащения руд в промышленную эксплуатацию с обоснованием приоритетного порядка и направления развития горных работ на старогоднем хвостохранилище Новотроицкого месторождения. Относительно небольшой объем запасов не позволяет отнести данное техногенное образование к категории месторождений и указывает на возможность и целесообразность вовлечения отходов в эксплуатацию в рамках проекта рекультивации территории.

Для условий освоения золото-мышьяковистых отходов, рекомендации по разработке техногенного образования включают снятие поверхностного слоя, не содержащего благородных металлов. Возможна утилизация этого сырья в составекладочных смесей подземных рудников, функционирующих в горнопромышленном регионе, где проводятся исследования. Затем основная часть техногенного массива обрабатывается послойно мобильной техникой, с предварительным осушением выявленных обводненных зон, характеризующихся наличием недренированных глинистых масс. Ведение поуступной экскаваторной выемки на исследуемом объекте без предварительного вскрытия и осушения связано с повышенным риском обрушения откосов, сложенных слабыми обводненными грунтами.

Предварительные оценки позволяют судить о том, что несмотря на невысокие запасы драгоценных металлов, с учетом объемов накопленного сырья, будет обеспе-

чена окупаемость затрат на рекультивацию территории в городской черте с ликвидацией риска загрязнения почв тяжелыми металлами и другими элементами.

Заключение. Выполненные исследования в области перспектив вовлечения хвостов обогащения золото-мышьяковистых руд в эксплуатацию для решения экологических проблем Южноуральского региона свидетельствуют, что несмотря на высокую актуальность эффективной их утилизации, до настоящего времени в России не отработаны механизмы вовлечения такого типа минерального сырья в эксплуатацию. В настоящее время необходимо создание норм технологического проектирования по оценке хранилищ отходов обогащения с учетом специфики структуры и неравномерности свойств сырья по глубине и площади объекта.

Исследования выполняются в рамках ББФ ИПКОН РАН (0138-2014-0001).

Список литературы:

1. Каплунов Д.Р., Рыльникова М.В., Радченко Д.Н. Реализация концепции устойчивого развития горных территорий - базис расширения минерально-сырьевого комплекса России / Д.Р. Каплунов, М.В. Рыльникова, Д.Н. Радченко // Устойчивое развитие горных территорий, 2015. -Т. 7. -№ 3. -С. 46-50.
2. Струков К. И., Бергер Р. В. Технология горно-обогажительного производства на предприятиях АО «Южуралзолото Группа Компаний» / К. И. Струков, Р. В. Бергер // Горный журнал, 2017. -№9.- С.11-15.
3. Серавкин И.Б., Знаменский С.Е., Родичева З.И. Зональность размещения золото-рудных месторождений Южного Урала / И.Б. Серавкин, С.Е. Знаменский, З.И. Родичева // Геологический сборник, 2013. -№ 10. -С. 225-235.
4. Знаменский С.Е. Тектоническая позиция и структура Кочкарского рудного поля и месторождения (Южный Урал) / С.Е. Знаменский // Металлогения древних и современных океанов, 2014. -№ 20. -С. 16-19.
5. Техногенное минеральное образование // Горное дело. Терминологический словарь. – 5-е изд. -М.: Изд-во «Горная книга», 2016 г. -С. 515.
6. Бяков В. Объяснительная записка к подсчету запасов руды As и Au по Новотроицкому золото-мышьяковому месторождению на 1/1 1939 г. / В. Бяков // Союзмышьяк, 1939.-С. 44.
7. Каплунов Д.Р., Радченко Д.Н. Выработанные пространства недр: принципы многофункционального использования в полном цикле комплексного освоения месторождений твердых полезных ископаемых / Д.Р. Каплунов, Д.Н. Радченко // Горный журнал, 2016. -№ 5. -С. 28-33.
8. Каплунов Д.Р., Рыльникова М.В., Радченко Д.Н. и др. Инновационные технологии ликвидации пустот с применением передвижных закладочных комплексов / Д.Р. Каплунов, М.В. Рыльникова, Д.Н. Радченко // Маркшейдерский вестник, 2011. -№ 6 (86). -С. 5-9.

PROBLEMS AND PROSPECTS FOR THE INVOLVEMENT OF PROCESSING TAILS OF GOLD-ARSENIC ORES IN THE EXPLOITATION TO SOLVE THE REGION'S ECOLOGICAL PROBLEMS

M.V. Rylnikova¹, D.N. Radchenko¹, K.N. Zalevskaya², V.S Lavenkov¹

¹PKON RAS, Moscow, Russia, 111020, e-mail: mining_expert@mail.ru

²PFUR, Moscow, Russia, 111020, e-mail: zalevskaya.karolina@mail.ru

Abstract

In the framework of the expedition of 2018, technogenic formations generated in the late 19th and first half of the 20th centuries on the basis of the Novotroitsk deposit processing tailings were studied. The research methodology included the analysis of satellite observations and field geological and geophysical studies, drilling of geological wells with sampling along the depth of the massif, evaluation of the structure of man-made massif and

technological properties of technogenic materials to select the parameters of technologies for its exploitation and processing.

The results of the studies showed that arsenic is present in all the samples taken at the depth of the dump. It has been established that the As content with depth increases, which indicates the processes of sulfide oxidation and arsenic migration from the surface layers to the environment. This confirms the expediency of involving the old ore processing tailings into operation with subsequent disposal in specialized storage facilities, including isolated landfills and underground stopes.

Based on the results of the research, technological solutions have been proposed for the involvement of tailings into commercial operation with substantiation of the priority order and development direction of mining of the old tailings storage of the Novotroitsk deposit.

ВОВЛЕЧЕНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ В ПОЛНЫЙ ЦИКЛ ОСВОЕНИЯ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ: РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

М.В. Рыльникова¹; Д.Н. Радченко¹; М.В. Цупкина^{1,2}; В.В. Гавриленко¹

¹ИПКОН РАН, Москва, Россия, 111020, e-mail: mining_expert@mail.ru

²РУДН, Москва, Россия, 117198, e-mail: m.tsupkina@gmail.com

Введение. В настоящее время освоение медно-колчеданных месторождений Южного Урала характеризуется истощением ресурсной базы. Одним из решений, направленных на увеличение выпуска товарных металлов с одновременным снижением экологического ущерба окружающей среды, является вовлечение в эксплуатацию техногенных образований прошлых лет с безопасным складированием отходов на изолированных полигонах, либо в выработанном пространстве камер подземных рудников [1,2].

Следует отметить, что наиболее привлекательными для первоочередного освоения месторождений с позиций техносферной безопасности являются техногенные минеральные образования, сформированные на основе отходов обогащения руд [3-6]. По сравнению с отвалами горных пород они достаточно компактно сосредоточены, более однородны по гранулометрическому составу и чаще всего представляют собой мелкозернистые фракционированные пески, которые уже подготовлены для дальнейшей технологической переработки и извлечения металлов.

Методы исследований. Проблема отработки техногенных образований весьма актуальна в настоящее время. В передовых странах данные ресурсы используют для вторичного извлечения цветных, редких и драгоценных металлов, что позволяет повысить имеющуюся экономическую эффективность предприятий и улучшить экологию региона.

Для решения проблем техносферной безопасности необходимо проводить оценочные работы с исследованием технологических свойств лежалых хвостов обогащения. Поэтому первоочередными задачами исследований являлись:

- а) обобщение опыта изучения и освоения хранилищ отходов переработки руд цветных и благородных металлов в России и мире в целом;
- б) проведение оценочных работ на Старогоднем хвостохранилище Сибайской обогатительной фабрики;
- в) исследование закономерностей распределения качества и технологических свойств хвостов обогащения, складированных в техногенных образованиях;
- г) определение перспективных технологических решений, соответствующих современному уровню развития технологий в данной области;
- д) разработка технологических рекомендаций по вовлечению отходов обогащения медно-колчеданных руд в промышленную эксплуатацию.

В ходе исследовательских работ в крупном горнопромышленном Уральском регионе изучены техногенные образования, сложенные старогодними отходами обогащения руд Сибайской обогатительной фабрики.

Результаты и их обсуждение. Сибайская обогатительная фабрика была сформирована в структуре Башкирского медно-серного комбината (БМСК) – в прошлом одном из крупнейших в России и втором по объему продукции в Республике Башкортостан предприятии по производству медного, цинкового и пиритного концентратов. В настоящее время предприятие входит в структуру УГМК-Холдинг.

Минерально-сырьевой базой БМСК, созданного в 1948 году, являются разрабатываемые открытым способом месторождения Сибайское, Балта-Тау, Камаганское и ряд других, более мелких месторождений.

Сибайское месторождение в 1937-1947 гг. разрабатывалось открытым способом Баймакским медеплавильным заводом, с 1948 года месторождение передано в эксплуатацию БМСК. Проектная производственная мощность карьера по руде составляла 3000 тыс. т в год. С начала работ БМСК добыто более 100 млн. т. медно-колчеданных и медно-цинковых руд. Окисленные золотосодержащие руды железной шляпы месторождения в 1944-1956 гг. были извлечены и переработаны на Сибайском перколяционном заводе. По имеющимся сведениям, в общей сложности переработано 355,7 тыс. т. [7].

В различные годы перерабатывались и поступали в хвостохранилище колчеданные руды Сибайского месторождения, представленные слудующими промышленными сортами: серноколчеданные, медно-пирротиновые, медные, медно-цинковые с преобладанием последних. Основные рудные минералы: пирит, сфалерит, халькопирит, пирротин, ковеллин: борнит, халькозин. Из нерудных минералов наиболее распространены кварц, кальцит, хлорит, серицит. Среднее содержание полезных компонентов в рудах: медь - 1,14%, цинк - 2,8 %, сера - 41,1 %, золото - 0,68 г/т, серебро - 6,19 г/т, кадмий - 9 г/т, индий - 4,5 г/т, кобальт - 67 г/т, селен - 83 г/т, теллур - 47 г/т, германий - 3 г/т, галлий - 6 г/т, платиноиды - 0,2 г/т. Руды месторождений Балта-Тау, Бакр-Тау и Таш-Тау - золото-медно-цинковые с содержанием меди - 1,18-7,43%, цинка - 1,58-6,94 %, серы - 10,2-31,1 %, золота - 2,01-3,82 г/т, серебра - 24,7-56,3 г/т.

Технологическая схема обогащения руд на фабрике предусматривает трехстадиальное дробление и трехстадиальное измельчение до крупности 92-93 % класса минус 0,074 мм. Для обогащения применяется прямая селективная схема флотации с последовательным выделением медного и цинкового концентратов. Пиритный концентрат направляется в хвостохранилище, хотя ранее отгружался потребителям [8].

Для повышения качества цинковые концентраты подвергаются обезжелезиванию и обезжелезению путем проведения медно-пиритной флотации. Извлечение основных полезных компонентов в одноименные концентраты составляет: меди - 75-80%, цинка - 60-70 %. Медный концентрат содержит 15-20 % меди, цинковый - 45-55 % цинка. Суммарное извлечение меди 80-82 %, цинка 75-80 %.

За время эксплуатации Сибайской обогатительной фабрики объем переработки руды составил около 85 млн. т.

Для обоснования перспектив управления отходами в 2018 году были проведены работы по обоснованию возможных направлений и разработке технологий добычи и переработки лежалых хвостов обогащения Сибайской обогатительной фабрики с оценкой горно-геологических, гидрологических, структурных и горнотехнических особенностей сформированного техногенного образования.

На этапе предварительных оценочных работ хвостохранилище Сибайского месторождения было разведано по двум профилям 4-мя вертикальными шурфами с четко выраженным горизонтально-слоистым залеганием толщ (рис. 1.). Проходка шурфов глубиной до 6 м проводилась по сетке 100x60 м экскаватором по единственному осушенному участку хвостохранилища, который представляет собой первоочередной объект разработки.

Выбор шурфового способа опробования обусловлен крепостью грунтов и характером распределения ценного компонента. Оценочное опробование заключалось в поинтервальном извлечении материала хвостов из шурфа на каждом метровом интервале. Каждой пробе был присвоен уникальный номер, после чего материал отбирался в мешки для дальнейшего изучения. Пробы поставлялись на анализ гранулометрического и вещественного состава, который проводился в лабораториях Сибай-

ского филиала ОАО Учалинский ГОК и ALS Moscow Geochemistry. Общее количество проб – 19. Масса одной представительной пробы составила 5-6 кг.



Рис. 1. План расположения разведочных выработок Сибайского хвостохранилища

Установлено, что в строении хвостохранилища по всем скважинам прослеживается горизонтальная слоистость, возможно, обусловленная намывом и химическими миграциями элементов, в результате чего образовались участки с повышенными содержаниями ценных компонентов. С учетом неоднородного строения толщи проведена селективная выемка двух фракций (рис.2), состав каждой из которых изучен и в каждой из них установлены повышенные содержания цветных или благородных металлов. Выявлены закономерности изменения состава с глубиной и обнаружены техногенные сульфаты в верхней части разреза. Материал представлен рыхлыми разностями песчаной фракции.

Сушка проб осуществлялась на специально подготовленной площадке с сохранением своего уникального номера пробы. Рыхлые пробы были высушены в течение суток, обводненные – в течение трех. После сушки пробы подвергались дезинтеграции до получения фрагментов, размером до 7-8 мм, и затем проводилось усреднение проб в полевых условиях на металлических подложках. Сокращение проб осуществлялось путем квартования.



Рис. 2. Результаты пилотной селективной разработки хвостохранилища с применением колесного погрузчика (а) и выделенные две отдельные фракции с повышенным содержанием цветных и благородных металлов (б)

Техногенные сульфаты крайне неустойчивы в кислой среде и в ходе хранения проходят их стадийные превращения. В связи с этим рудничная вода хвостохранилища всегда обогащена (в разной степени) ионами Fe^{2+} , Fe^{3+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Cd^{2+} , SO_4^{2-} и др. Тяжелые металлы в растворимом виде мигрируют в окружающую среду и оседают в толще хвостохранилища. Это подтверждает результаты ранее выполненных работ [9,10]. Техногенные сульфаты были обнаружены на хвостохранилище Сибайской обогатительной фабрики в каждом шурфе. Активные процессы сульфатообра-

зования прослеживаются на глубину 1-2 метра (рис. 1.3.). Наблюдаются очень крупные включения техногенных минералов, цвет кристаллов от белого до голубого. На открытом воздухе и при нагревании эти неустойчивые соединения быстро разлагаются, поэтому в ходе работ на хвостохранилище каждая проба упаковывалась и хранилась с целью сохранения естественной среды и влажности.



Рис. 3. Техногенные сульфаты Сибайского хвостохранилища из шурфа № 2

Техногенные сульфаты были переданы в лабораторию физического исследования руд и минералов. Проба была изучена методом рентгенографии. Съемка проводилась на приборе ДРОН-3М, на Со-излучении с применением Fe фильтра. Обработка полученных спектров проводилась по программе РФА с применением международной картотеки данных по дифракционным стандартам (JSPDS). В результате обработки полученных рентгенограмм было установлено, что основная фаза образцов представлена мелантеритом, в подчиненном количестве присутствует розенит.

Таким образом, в ходе опробования материала хвостохранилища выявлена неоднородность его структуры, цветовой гаммы и гранулометрического состава. Проведены исследования минералогического и химического составов, pH и влажности среды, после чего были определены закономерности их распределения по глубине и площади массива старогоднего хвостохранилища. Полученные результаты изучения лежалых хвостов обуславливают необходимость проведения последующих, более детальных исследований хвостохранилища с целью обоснования перспектив его дальнейшей разработки.

Работа выполнена при поддержке Программы Президиума РАН № 39, раздел 2.

Список источников:

1. Каплунов Д.Р., Радченко Д.Н. Выработанные пространства недр: принципы многофункционального использования в полном цикле комплексного освоения месторождений твердых полезных ископаемых // Горный журнал, 2016. -№ 5. -С. 28-33.
2. Каплунов Д.Р., Рыльникова М.В., Радченко Д.Н., Маннанов Р.Ш., Зверев А.П. Инновационные технологии ликвидации пустот с применением передвижных закладочных комплексов // Маркшейдерский вестник, 2011. -№6 (86). -С. 5-9.
3. Радченко Д.Н. Систематизация принципов формирования техногенных минеральных объектов в свете реализации государственных программ управления отходами // В книге: Проблемы и перспективы комплексного освоения и сохранения земных недр. Материалы III Конференции Международной научной школы академика К.Н. Трубецкого «Проблемы и перспективы комплексного освоения и сохранения земных недр». М.: ИПКОН РАН, 2018. -С. 311-314.
4. Горбатова Е.А., Ожогина Е.Г., Рыльникова М.В., Радченко Д.Н. Минералогические особенности халькопирита и сфалерита в отходах обогащения медно-

- колчеданных руд в свете перспектив целенаправленного формирования техногенных месторождений // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых, 2018. -№ 5. -С. 174-184.
5. Шадрунова И.В., Сизиков А.В., Сыромятникова Н.В. и др. Закономерности формирования технологических свойств хвостов обогащения медно-цинковых руд при их хранении // Горный информационно-аналитический бюллетень, 2002. -№ 4. - С. 191-195.
 6. Маляров И.П., Сизиков А.В., Бишев Л.З. Разработка техногенных месторождений. Магнитогорск: МГТУ, 2002. – 147 с.
 7. Фаткуллин И.Р. и др. Оценка техногенных ресурсов горнорудных предприятий республики Башкортостан. Уфа, 2001. -201 с.
 8. Коротков А.А., Гиниятуллин И.И. Безопасная отгрузка пиритного концентрата // Горный журнал. – 1989. - №3. – С. 15.
 9. Пучков В.Н., Салихов Д.Н., Абдрахманов Р.Ф., Беликова Г.И. Сульфидсодержащие отвалы и хвостохранилища – опасные техногенные загрязнители окружающей среды горнорудных районов Башкортостана // Геоэкология. М: Российская академия наук. № 3. 2007. С. 238-247.
 10. Шевелева Л.Д., Абакумов В.В., Коркин Б.И., Бишев Л.З., Каравайко Г.И. Разработка новой технологии переработки отвальных хвостов обогатительной фабрики // Цветные металлы. – 1995. - №2. – С. 31-33.

**INVOLVING TECHNOGENIC MINERALS INTO THE FULL CYCLE
OF COMPREHENSIVE EXPLOITATION OF MINERAL RESOURCES:
SOLVING PROBLEMS OF TECHNOSPHERE SAFETY**

M.V. Rynikova¹; D.N. Radchenko¹; M.V. Tsupkina^{1,2}; V.V. Gavrilenko¹

¹IPKON RAS, Moscow, Russia, index, e-mail: mining_expert@mail.ru

²PFUR, Moscow, Russia, index, e-mail: m.tsupkina@gmail.com

Abstract

The methodology was substantiated and geological surveys were conducted at the tailing dump of the Sibay processing plant, after which assessment work was carried out. As part of the assessment work, 4 pilot holes were drilled, and testing was carried out. In the course of testing the tailings, the heterogeneity of its structure, color range, particle size, mineralogical and chemical composition, the presence of a large number of clay fractions was revealed. The variability of the physico-mechanical characteristics of the massif of the tailings and material composition, the high viscosity of the technogenic mass, the low stability of the massif led to detailed studies to evaluate the patterns of distribution of raw material moisture in the massif of the tailing, the acid-alkaline properties and the redox potential of the tailing dump materials, the patterns of distribution of industrial significant elements.

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ОТ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ, РАДИОНУКЛИДОВ И ХИМИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИАЛИЗНОЙ КУЛЬТУРЫ ЦИАНОБАКТЕРИЙ

Я.В. Саванина¹, Е.Л. Барский¹, И.А. Фомина², Е.С. Лобакова¹

¹*Биологический факультет Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова, Москва, 119899, Россия, e-mail: gene_b@mail.ru*

²*Департамент Федеральной службы по надзору в сфере природопользования по Центральному федеральному округу, Москва, 117105, Россия, e-mail: irinafomina.net@mail.ru*

Постоянно возрастающий уровень антропогенного воздействия на водную среду приводит к ухудшению ее качества. Процессы самовосстановления и самоочищения уже не справляются с поступающими в окружающую среду загрязняющими веществами. К группе тяжелых металлов (ТМ), загрязняющих водные экосистемы, относятся металлы плотностью более 5 г/см³ (с массой более 56 у.е.) Их объединяет ряд свойств, проявляющихся по отношению к живым организмам, таких как пути поступления в организм, токсичность, кумулятивные свойства, период полувыведения и накопление в пищевой цепи. По объему поступления и по потенциальной биологической и экологической опасности к ним приближается загрязнение углеводородами, включая полициклические ароматические углеводороды, и хлорорганическими соединениями (растворители, пестициды). В качестве основных источников загрязнения природных вод выделяют предприятия металлургической и горнодобывающей промышленности, тепловые электростанции, предприятия по переработке нефти, строительство и транспорт [1].

Преращения соединений ТМ в природных водах, как и взаимодействие с живыми организмами зависят от их концентрации и «подвижности». Легко вступают в реакции и оказывают наибольший токсический эффект ионы ТМ в высокой степени окисления. Основная часть связанных загрязняющих веществ переходит в донные осадки. В донных грунтах металлы содержатся в виде карбонатов, сульфидов и органических соединений. При взмучивании (паводки, дожди), подкислении среды, при недостатке кислорода и при появлении растворенных комплексообразователей возможен переход металлов из осадков в воду [2].

Фитопланктонные организмы как первичные продуценты являются теми компонентами водных экосистем, на которых прежде всего сказывается токсическое действие ТМ [3]. В исследованиях взаимодействия фитопланктонных организмов с ТМ одним из направлений является использование микроводорослей и цианобактерий для удаления (1) и концентрирования (2) ТМ из промышленных стоков, природных водоемов и почв. Биологические методы очистки используются, если содержание загрязнителя в среде ниже порога биотоксичности. При этом может использоваться как автохтонный фитопланктон, так и устойчивые к воздействию токсикантов лабораторные культуры цианобактерий и микроводорослей, аксеничные или смешанные [2, 3].

Клетки водорослей способны аккумулировать из воды различные химические элементы, причем с достаточно высокими коэффициентами накопления. Основное место в фитопланктонных сообществах водоемов, в которые поступают сточные воды различных типов, занимают зеленые (чаще Chlorococcales, устойчивые к длительному воздействию многих токсических веществ) эвгленовые и диатомовые водоросли, а в промышленных отстойниках (металлургической и химической промышленности) – цианобактерии.

Количество цианобактерий, как правило, возрастает в условиях замедленного стока и повышенного содержания биогенных элементов. В природных сообществах обнаружена статистически значимая зависимость распределения тяжелых металлов Fe, Cd, Zn от общей биомассы фитопланктона и доминирующей группы видов Cyanophyta. Природные сообщества, преобладающим компонентом которых являются цианобактерии, удаляют из водной среды до 98% растворенных металлов и металлоидов - Cd, Zn, Cr, Mn [3,4].

Цианобактерии и микроводоросли могут концентрировать металлы: 1) связывая или осаждая их на внешних структурах клетки; 2) накапливая необходимые для метаболизма (или не существенные) металлы внутриклеточно.

Первый процесс является быстрым и энергонезависимым, его могут осуществлять как живые растущие культуры, так и отмершие клетки. Во втором случае связывание даже прочнее. Естественное отмирание фитопланктона составляет 8% (Chlorophyta) – 31% (Bacillariophyta) [4]. Перенос металлов в цитоплазму клетки энергозависим и идет с использованием ее транспортных систем.

В модельных экспериментах с ванадием (металл средней токсичности, поступление в среду связано с предприятиями металлургической промышленности и энергетики: содержание ванадия в горючих сланцах выше, чем в его рудах) использовали его наиболее окисленную форму – ванадат, VO_3^- . В течение 1-2 сут. после внесения ванадата его концентрация в культуральной жидкости одноклеточной цианобактерии *Synechococcus* 6301 снижается на 70-90%, а затем начинает постепенно увеличиваться – в среду культивирования возвращается до 30% ванадата. При использовании нитчатой, покрытой чехлом цианобактерии *Anabaena variabilis* ATCC 29413 и зеленой микроводоросли *Chlorella* sp., концентрация ванадата в среде также снижается в течение 1-2 сут, но далее до 90% поглощенного ванадата остается в клетках [3].

После 2 сут. инкубации до 50% ванадия обнаруживается в цитоплазматической фракции клеток [3]. Внутриклеточное связывание ионов ванадата обусловлено их взаимодействием с тиоловыми соединениями, такими как металлотионеины и гамма-Glu-Cys-пептиды, включая глутатион. Эти соединения характеризуются низким молекулярным весом и высоким содержанием SH-групп. Ранее установлено, что под действием различных ТМ клетки цианобактерий выделяют в среду тиоловые соединения, увеличение концентрации которых коррелирует с уменьшением величины E_h среды. Так, снижение величины E_h при добавлении ванадата в культуру *Synechococcus* 6301 на 40 мВ соответствует увеличению внутриклеточной концентрации SH-групп в 4-5 раз [5]. Связывание и выведение избыточного количества ТМ представляет собой один из способов защиты организма от их токсического действия.

Поверхностное связывание ионов ТМ клетками осуществляется в течение первых часов инкубации и обусловлено электростатическим взаимодействием с отрицательно заряженными группами клеточных оболочек, включая клеточные стенки и поверхностные структуры (слизистые слои, капсулы и чехлы). Степень диссоциации этих групп зависит от pH среды.

Общая экскреция экзометаболитов фитопланктоном оценивается в 7-50% от всего фиксированного углерода [4]. Доля высокомолекулярных внеклеточных соединений увеличивается с возрастом культуры. Основным по количеству компонентом внеклеточных биополимеров являются углеводы: свыше 90% от общего количества органических веществ, выделяемых клетками цианобактерий [6].

В присутствии ТМ количество выделяемых экзометаболитов, главным образом отрицательно заряженных полисахаридов, возрастает. Экзометаболиты, выделяемые клетками в среду, и слизистые поверхностные слои ряда цианобактерий сходны по составу. Как и полисахариды клеточной оболочки, диффузионный слой экзополиса-

харидов выполняет барьерную функцию между организмом и окружающей средой, лимитируя процессы биосорбции ТМ [6].

Таким образом, детоксикация среды от ТМ возрастает при:

- 1) увеличении количества клеток цианобактерий (микроводорослей);
- 2) повышенной концентрации внеклеточных углеводов;
- 3) повышенном синтезе тиоловых соединений [3, 6].

В значительной степени эти условия выполняются при использовании диффузионной культуры. Диффузионная (диализная) культура представляет собой одну из разновидностей культуры иммобилизованных клеток. Иммобилизованная культура (в гранулах геля, на синтетическом волокне) характеризуется сниженной скоростью роста и фотосинтеза при сохранении высокой скорости метаболизма [7]. При данном типе культивирования суспензионная культура отделена от внешнего объема среды полупроницаемой мембраной, с порами, пропускающими вещества с массой не более 10 kDa. Клетки микроорганизмов концентрируются в мешке из диализной мембраны, погруженном в 5–10 кратный объем «внешней среды». Благодаря этому обеспечивается непрерывное поступление питательных веществ и отток метаболитов, ингибирующих клеточное деление. Полупроницаемая мембрана обеспечивает разделение внеклеточных метаболитов: в диализном мешке накапливаются преимущественно высокомолекулярные соединения, а низкомолекулярные диффундируют во внешний объем. Внутри малого объема концентрируется плотная суспензия физиологически «молодых» клеток. Свободному прохождению молекул токсикантов (как и других веществ с молекулярной массой до 8-10 kDa) диализная мембрана не препятствует [6].

Поскольку низкомолекулярные SH-содержащие соединения свободно проходят через диализную мембрану, их появление во «внешней» среде совпадает с повышением уровня остаточного содержания металла в культуральной жидкости. Уровень выделения веществ-восстановителей цианобактериями в природных водоемах достаточно высок для торможения процессов самоочистки (окисления органических веществ), но способствует детоксикации среды, содержащей высокоокисленные соединения, включая ТМ [2, 4].

Металлы, связанные органическими соединениями, менее подвижны и в большинстве случаев менее токсичны. В диализных культурах цианобактерий рН среды может достигать 10-11 единиц, при этом, как правило, токсичность действующих форм ТМ снижается [6].

После концентрирования металла в микроорганизме возникает проблема извлечения связанного металла. С клеточной поверхности металлы легко отделяются хелатирующими агентами (например, ЭДТА) или разбавленными кислотами. Если неdestructивное высвобождение металла невозможно, клетки разрушаются концентрированными щелочами или кислотами, либо термически. Выбор метода зависит от ценности металла и самого микроорганизма. Для оценки возможности очистки воды, содержащей загрязнители сложного состава, а также возможности удаления связанного металла и многократного использования культуры при очистке о «внешнюю» среду диализной культуры нитчатой цианобактерии *Nostoc sp.*, обладающей развитым чехлом, вносили золотосодержащий промышленный концентрат (Au^{3+} 11-12 мг/л). Остаточное содержание Au^{3+} в среде через 1 сут составляет менее 1 мг/л. Для удаления связанного металла применялся 0,01 М ЭДТА. Возобновление роста культуры после отмывки клеток (концентрация клеток *Nostoc sp.* через 14 сут культивирования после отмывки увеличивается более чем в 5 раз) свидетельствует о нейтрализации сопутствующих токсикантов [8].

Особый интерес представляет способность микроводорослей и цианобактерий концентрировать радиоактивные элементы. Показано, что фитопланктон сорбирует большинство продуктов ядерного распада: стронций-90, цирконий-95, иод-131, ру-

тений-106, цезий-137, церий-144 [9]. Ведущую роль в процессе накопления и удержания ряда химических соединений и радионуклидов в живых и отмерших клетках цианобактерий и микроводорослей играет поверхностное связывание, т. е. полисахаридный компонент. Показано, что природные полимеры (хитин, хитозан-меланиновый комплекс) также характеризуются высокой адсорбционной способностью по отношению к актиноидам [10]. В настоящее время в разработке – метод использования диализных культур для очистки (деактивации) промышленных сточных вод от радионуклидов.

Метод диализного культивирования применим и для создания аналога природных и промышленных сообществ, способствующих максимальной детоксикации сточных вод от ТМ. При смешанно-раздельном культивировании цианобактерии концентрируются в диализном мешке, а гетеротрофные бактерии – во внешнем объеме. В этих условиях ингибирующий эффект, связанный с межклеточными контактами разных культур, отсутствует. В природных ассоциациях суммарный гетеротрофный компонент составляет 0,1–1%, при диализном культивировании доля бактерий увеличивается до 10-20%. Такие ассоциации характеризуются повышенной устойчивостью к воздействию внешних факторов благодаря взаимодействию компонентов: цианобактерии выделяют органические субстраты, которые поддерживают рост бактерий и способствуют накоплению ионов и взвесей металлов в ближайшем окружении клеток; бактерии в свою очередь, обеспечивают окисление, восстановление и осаждение связанных ионов ТМ [6].

Список литературы:

1. Янин Е.П. Ремедиация территорий, загрязненных химическими элементами: общие подходы, правовые аспекты, основные способы (зарубежный опыт). Проблемы окружающей среды и природные ресурсы: обзорная информация/ ВИНТИ РАН. 2014. № 3. - С.3-105.
2. Филенко О.Ф., Хоботьев В.Г. Загрязнение металлами // Водная токсикология. - М.: Винити, 1976. - Т. 3. - С. 110-150.
3. Гусев М.В., Лебедева А.Ф., Саванина Я.В. Способность цианобактерий и микроводорослей к накоплению тяжелых металлов и возможность их использования для очистки водной среды // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 16. Биология. 1999. № 3. - С. 12-22.
4. Снитько Л.В., Рогозин А.Г., Гаврилкина С.В. Накопление тяжелых металлов фитопланктоном в озере Большое Миассово (Южный Урал). Известия Самарского научного центра РАН. 2014. Т 16, № 1. - С 218-222.
5. Лебедева А.Ф., Саванина Я.В., Барский Е.Л. Изменения редокс-потенциала и содержания углеводов в среде при периодическом и диализном культивировании цианобактерии *Anacystis nidulans* и бактерии *Pseudomonas diminuta*. Вестн. Моск. ун-та. Сер. 16. Биология. 2002. № 2. - С. 24-29.
6. Лебедева А.Ф., Саванина Я.В., Барский Е.Л. Диализное культивирование цианобактерий. Вестн. Моск. ун-та. Сер. 16. Биология. 2008. № 2. С. 16-25.
7. Васильева С.Г., Лобакова Е.С., Лукьянов А.А. 2016. Применение иммобилизованных водорослей в биотехнологии // Вестник Московского университета. Серия 16: Биология. М.: Изд-во Моск. ун-та. № 3. - С. 65-72.
8. Саванина Я.В., Лебедева А.Ф., Барский Е.Л., Гусев М.В. Взаимодействие клеток микроорганизмов с ионами золота. Вестн. Моск. ун-та. Сер. «Биология». 2006. № 1. - С. 31-44.
9. Кульский Л. А., Сиренко Л. А., Шкавро З. Н. Фитопланктон и вода / Отв. ред. К. А. Шевченко. - Киев: Наук. думка, 1986. - 136 с.
10. Горовой Л.Ф., Косяков В.Н., Велешко И.Е., Яковлев Н.Г., Сенюк О.Ф. Радиосорбционные свойства хитин-меланиновых комплексов и перспективы их ис-

пользования в радиационной защите. Проблемы безопасности атомных электростанций и Чернобиля. Вып 3. Ч 1. 2005. - С 140-151.

**CLEANING OF WASTE WATER FROM HEAVY METAL IONS,
RADIONUCLIDES AND CHEMICAL POLLUTANTS USING
DIALYSIS CULTIVATION OF CYANOBACTERIA**

Ya.V. Savanina¹, I.A. Fomina², E.L. Barsky¹, E.S. Lobakova¹

¹*School of Biology, M.V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, 119899, Russia,
e-mail: gene_b@mail.ru*

²*Department of Federal service for supervision in the sphere of nature in the Central
Federal district, Moscow, 117105, Russia, e-mail: irinafomina.net@mail.ru*

Abstract

The possibilities of sewage treatment and the ground soil polluted by ions of the heavy metals with use of dialysis (diffusive) culture of cyanobacteria are considered. Application of this technique to other pollutants is analysed.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАСЧЕТА КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ И ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ВИДЕОСВЕТОЛОВУШЕК ДЛЯ МОНИТОРИНГА НАСЕКОМЫХ-ВРЕДИТЕЛЕЙ

И.В. Савчук, Д.О. Суринский

*ФГБОУ ВО Государственный аграрный университет Северного Зауралья,
г. Тюмень, 625000, Россия, e-mail: ivan-savchuk@list.ru*

Эффективность интегрированной защиты растений во многом определяется качеством мониторинга численности и вида насекомых-вредителей за счет сокращения сроков его проведения путем передачи полученных данных по беспроводному каналу связи. Применение видеосветоловушки позволит более точно провести анализ насекомых-вредителей, а также и полезных видов [8].

При мониторинге количества и видов насекомых-вредителей с использованием видеосветоловушки возник вопрос о применении данной установки в различных регионах Российской Федерации, так как действующая видеосветоловушка применялась только на юге Тюменской области. Расчет основных конструктивных параметров видеосветоловушки, длительный и трудоемкий. При расчете параметров аккумуляторной батареи нужно учитывать, количество циклов «заряд-разряд», запас энергии АКБ, в течение светлого времени суток, с возможностью работы в темное время суток и непогодой, так же требуется производить расчет параметров фотоэлектрического преобразователя, чтобы в течении светового дня, мощности ФЭП хватало для заряда АКБ и работы блока «Видеонаблюдения с передачей данных по беспроводному каналу связи». На основании этого определились цель и задачи.

Целью является создание программы для ЭВМ с возможностью расчета основных технических характеристик видеосветоловушки с беспроводным каналом связи.

Для достижения цели сложился ряд **задач**:

1. Математическое описание известных методов расчета ёмкости АКБ и фотоэлектрического преобразователя (ФЭП);
2. Математическое описание видеосигнала через беспроводной канал связи;
3. Разработка программного обеспечения для расчета основных конструктивных параметров видеосветоловушки.

Анализ расчета основных конструктивных параметров видеосветоловушки. Исходными данными для расчета модели видеосветоловушки служат паспортные данные видеорегистратора, USB модема, видеокамер, светодиодов. А так же метеорологические условия (солнечно, облачно, пасмурно).

При создании видеосветоловушки построена схема, состоящая из 3 функциональных модулей (рис. 1):

- Фотоэлектрический преобразователь (ФЭП)-4.
- Аккумуляторная батарея (АКБ)-1. Хранилище электроэнергии для обеспечения «ВидеоСветоловушки» в течении суток, и когда ФЭП не активна.
- Фиксирующая система (ФС)-2,5. ФС – это набор технических средств для сбора необходимой информации.

При расчете видеосветоловушки введем следующие понятия:

- Tlight[ч] - Светлое время суток (СВС) – время, когда ФЭП преобразует солнечную энергию в электрическую;

- $T_{dark} = (24 - T_{light})$ [ч] - Темное время суток (ТВС) – время, когда ФЭП не активна;
- P_{fep} [Вт] – мощность ФЭП;
- P_{led} [Вт] – мощность 1 светодиода;
- N_{led} [шт] – количество светодиодов в одной ловушке;
- P_{cam} [Вт] - мощность камеры в светоловушке;
- N_{dev} [шт] – количество светоловушек;
- P_{vr} [Вт] - мощность видеорегистратора;
- P_{modem} [Вт] – мощность модема;
- Clr [%] – средний процент благоприятных погодных условий отдельного региона на период работы видеосветоловушки [1,2,3,4,5,6,7,8].

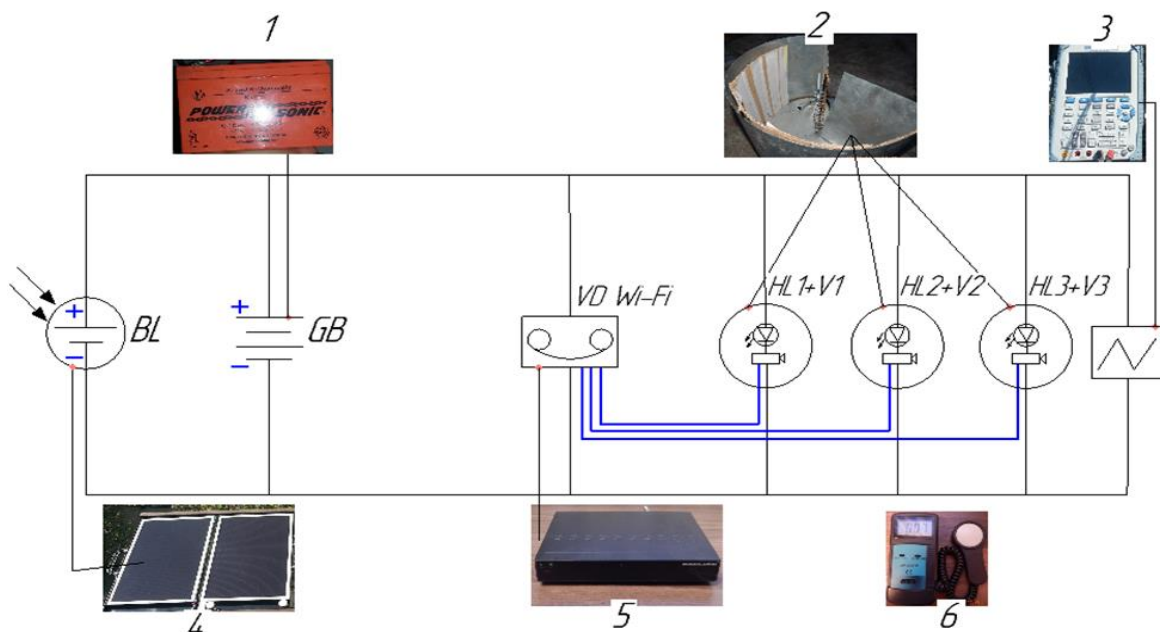


Рис. 1. Принципиальная схема видеосветоловушки

- 1 - АКБ типа PS-12260, 2 - Светоловушка с видеокамерой (W11A), 3 - осциллограф АКПП – 4113/1, 4 - фотоэлектрический преобразователь (TPS-936M0), 5 - видеорегистратор (RL-A4-100) +USB модем, 6 - люксметр LX-101.

Энергии, произведенной ФЭП за светлое время суток должно быть достаточно для обеспечения бесперебойной работы видеосветоловушки в течении суток. Соответственно для расчета энергетического баланса энергия, произведенная ФЭП за светлое время суток будет иметь вид:

$$W_{fep} = P_{fep} \cdot T_{light} \cdot Clr, \text{ [Вт} \cdot \text{ч]}, \quad (1)$$

Разбив ФС на блока, работающих по разным схемам: первый блок – модем, видеорегистратор и камеры в видеосветоловушках, такой блок будет работать круглосуточно; второй блок – светодиодные панели в видеосветоловушках, включающиеся только в темное время суток по команде фотореле.

Такое разделение помогает сократить расход электроэнергии, а следовательно, снизить требования к системе энергообеспечения установки

Потребление энергии блоком 1 запишем в виде:

$$W_{b1} = (P_{cam} \cdot N_{dev} + P_{vr} + P_{modem}) \cdot 24, \text{ [Вт} \cdot \text{ч]}, \quad (2)$$

Потребление энергии блоком 2 будет выглядеть следующим образом:

$$W_{b2} = P_{led} \cdot N_{led} \cdot N_{dev} \cdot T_{dark}, \text{ [Вт} \cdot \text{ч]}, \quad (3)$$

Условие энергобаланса (производство равно потреблению):

$$W_{fep} = W_1 + W_2, \text{ [Вт} \cdot \text{ч]}, \quad (4)$$

При выборе ФЭП для обеспечения работы блока «Видеонаблюдения с передачей данных по беспроводному каналу связи» и подзаряда АКБ прировняем уравнения (4) и (3) с уравнение (2) и получим:

$$P_{fep} \cdot T_{light} \cdot C_{lr} = ((P_{cam} \cdot N_{dev} + P_{vr} + P_{modem}) \cdot 24) + (P_{led} \cdot N_{led} \cdot N_{dev} \cdot T_{dark}), \text{ [Вт} \cdot \text{ч]}, \quad (5)$$

Выразим из (5) требуемую мощность ФЭП и запишем в следующем виде:

$$P_{fep} = ((P_{cam} \cdot N_{dev} + P_{vr} + P_{modem}) \cdot 24 + P_{led} \cdot N_{led} \cdot N_{dev} \cdot T_{dark}) \div (T_{light} \cdot C_{lr}), \text{ [Вт]} \quad (6)$$

Для обеспечения видеосветоловушки электроэнергией в темное время суток, емкости АКБ должно быть достаточно для бесперебойной работы, соответственно уравнение для выбора АКБ будет иметь вид:

$$W_{bat} = (P_{cam} \cdot N_{dev} + P_{vr} + P_{modem}) \cdot T_{dark} + P_{led} \cdot N_{led} \cdot N_{dev} \cdot T_{dark}, \text{ [Вт} \cdot \text{ч]}, \quad (7)$$

Описанные выше соотношения позволяют выбрать необходимые параметры элементов установки не только в зависимости от характеристик потребителя, но и от особенностей климатических условий на месте проведения исследований [3].

Список литературы:

1. Беленов В.Н. Анализ влияния вариантов размещения электрооптических преобразователей на качество защиты садовых растений / В.Н. Беленов, В.С. Газалов // Электротехнологии и электрооборудование в сельскохозяйственном производстве. - Зерноград, 2003. - Вып. 3. - С. 30-33.
2. Беленов В.Н. Импульсное излучение в системе защиты садовых растений / В.Н. Беленов, В.С. Газалов // Электротехнологии и электрооборудование в сельскохозяйственном производстве. - Зерноград, 2003. - Вып. 3. - С. 33-38.
3. Бордина, Н.М. Моделирование вольтамперных характеристик солнечных элементов и солнечных батарей [Текст] / Н.М. Бордина, В.А. Летин. – М.: Информ-электро, 1986. – 62 с.
4. Газалов В.С. Воздействие излучения электрооптических установок для борьбы с насекомыми-вредителями на садовые растения / В.С. Газалов; Азово-Черномор. гос. агроинж. акад. - Зерноград, 1998. - 7с. - Деп. в ВИНТИ 19.08.98, №2615-В98.
5. Карпов В.Н. Введение в энергосбережение на предприятиях в АПК// СПБГАУ. – 1999 – С. 6-50.
6. Савчук И.В., Суринский Д.О., Мельник С.И. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ /№ 2016617195/ – 2016
7. Суринский Д.О., Савчук И.В Патент на полезную модель № 146666 -2013
8. Суринский Д.О. Параметры и режимы энергосберегающего электрооптического преобразователя для мониторинга насекомых – вредителей. – Барнаул: «Диссертация» 2013 – 120 с.

THEORETICAL ANALYSIS OF THE CALCULATION OF DESIGN PARAMETERS AND TECHNICAL SOLUTIONS FOR THE USE OF VIDEO LIGHTS FOR MONITORING INSECT PESTS

I.V. Savchuk, D.O. Surinsky

State Agrarian University of Northern Zauralye, Department of "Energy supply of agriculture", Tyumen city, 625000, Russia, e-mail: ivan-savchuk@list.ru

Abstract

The efficiency of the integrated plant protection is largely determined by the quality of the monitoring of the number and species of insect pests by reducing its timing by transmitting the received data over a wireless communication channel. Application Videofotonovela will more accurately analyze the insect pests and beneficial species. Via the wireless communication channel to identify what time of day, and what flying insects are

more active. The calculation of the main design parameters "Videocatalogue" a long and laborious process. For instant methods of calculating the basic parameters Videosfotonovela with the established wireless communication channel, the developed software is designed to select the necessary parameters of the elements of the installation not only depending on characteristics of the consumer, but also on the climate conditions in the research location. When monitoring the number and types of insect pests using "Videocatalogue" there was a question regarding the use of this setup in different regions of the Russian Federation, as the current "Videocatalogue" used only in the South of the Tyumen region. The calculation of the main design parameters "Videocatalogue", long and laborious. When calculating battery parameters you need to consider the number of cycles "charge-discharge" power supply is a battery during daylight hours, with the ability to work in the dark and bad weather, as is required to calculate the parameters of the photoelectric Converter to during daylight hours, solar cells power, enough to charge the battery and unit operation "CCTV with wireless data transfer communication channel".

ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ ХАРАКТЕРИСТИК ВЫКЛЕВА И РОСТА АРТЕМИИ, ПРИМЕНЯЕМОЙ В БИОТЕСТИРОВАНИИ ВОДНОЙ СРЕДЫ

Т.А. Самойлова

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, Москва, 10714, РФ, e-mail: asamojlova@mail.ru

Принятые в настоящее время методики биотестирования рекомендуют в качестве тест-организма для биотестирования морской среды галофильного рачка рода *Artemia* и предполагают использование разных партий артемии при условии соответствия их чувствительности к референтному токсиканту определенному диапазону величин ЛК₅₀ [1, 2, 3]. Кроме того, данные методики содержат некоторые сведения о сроках выклева и темпах развития артемии, необходимые для получения синхронного материала для биотестирования. Однако указанные диапазоны этих величин не учитывают их существующее разнообразие.

Известно, что параметры выклева цист артемий, такие как сроки и синхронность выклева, могут значительно отличаться для цист из разных географических источников, но эти параметры не являются специфичными для популяций, так как зависят от широкого спектра факторов, таких как способ обработки, хранения и условия выклева [4, 5].

Целью настоящего исследования являлась оценка варибельности характеристик выклева и роста артемии из разных партий цист, и их связь с пригодностью этих артемий для биотестирования по критерию чувствительности к референтному токсиканту.

В задачи исследования входило определение для каждой партии артемии параметров выклева (сроков выклева и синхронности выклева), возраста начала питания, чувствительности к референтному токсиканту.

Были исследованы семь образцов цист артемии, условно обозначенные *Artemia sp.1-7*.

Параметры выклева артемии определяли в искусственной морской воде (соленость 35‰) при температуре 20 °С. После начала выклева науплиев подсчитывали каждые 30 минут.

Определяли следующие параметры выклева:

- сроки выклева, включающие несколько временных интервалов: T₁₀, T₅₀ и T₉₀ – время, за которое выклюнулись 10, 50 и 90% от суммарного количества науплиев соответственно; эти величины определяли графически по кривым динамики выклева;

- синхронность выклева T_S = T₉₀-T₁₀ [4].

В качестве одного из показателей роста артемий определяли возраст артемий, в котором они способны поглощать пищевые частицы, следующим образом: в емкость с науплиями определенного возраста (2, 24 и 48 часов) добавляли небольшое количество чертешной туши и через 10-15 минут регистрировали наличие или отсутствие туши в кишечнике рачков.

Чувствительность артемий к референтному токсиканту (бихромату калия) определяли в соответствии с ГОСТ Р 53886-2010 [2]. Для каждой партии артемии определяли ЛК₅₀ за 72 ч от одного до трех раз на протяжении года.

Параметры выклева исследованных партий артемии представлены в таблице 1. Сроки выклева для разных образцов заметно различаются. Среднее время выклева T₅₀ для некоторых образцов отличается на несколько часов. Наиболее ранний выклев

наблюдали у образца *Artemia sp.1*, наиболее поздний – у *Artemia sp.6*; разница между ними по показателю T_{50} составляет 17 ч.

Синхронность выклева T_S коррелирует со средним временем выклева (T_{50}) (коэффициент корреляции 0.9, $p=0.006$). У образцов с ранним и поздним выклевом (*Artemia sp.1* и *Artemia sp.6*) величина T_S различается более чем в три раза. Чем выше синхронность (меньше T_S), тем большее количество науплиев можно получить за короткий промежуток времени при прочих равных условиях, т.е. артемии с более синхронным выклевом можно использовать более экономично.

Таблица 1

Параметры выклева разных партий артемии

Партия артемии	T_{10} , ч	T_{50} , ч	T_{90} , ч	T_S , ч
<i>Artemia sp.1</i>	27	29	34	7
<i>Artemia sp.2</i>	32	37	44	12
<i>Artemia sp.3</i>	37	42	56	19
<i>Artemia sp.4</i>	32	38	43	11
<i>Artemia sp.5</i>	36	41	49	13
<i>Artemia sp.6</i>	40	46	65	25
<i>Artemia sp.7</i>	32	37	45	13

Рассматриваемые методики биотестирования указывают общие для всех партий артемии значения сроков выклева – 48 часов при температуре 20 °С. Информация о сроках выклева необходима при планировании инкубации цист для получения синхронных науплиев для биотестирования. С учетом полученных данных очевидно, что для каждой новой партии цист необходимо определять параметры выклева экспериментально до начала биотестирования.

Исследование питания артемий показало, что через 24 часа после выклева тушь обнаруживается в кишечнике до 40% науплиев в некоторых партиях артемии, через 48 часов – у большей части или у всех науплиев (таблица 2).

Таблица 2

Доля науплиев артемий разного возраста, способных поглощать пищевые частицы (тушь), %

Партия артемии	Возраст артемий, ч		
	2	24	48
<i>Artemia sp.1</i>	0	40	86
<i>Artemia sp.2</i>	0	25	100
<i>Artemia sp.3</i>	0	10	80
<i>Artemia sp.4</i>	0	40	100
<i>Artemia sp.5</i>	0	10	100
<i>Artemia sp.6</i>	0	22	100
<i>Artemia sp.7</i>	0	0	100

Существующие методики биотестирования разработаны исходя из того, что науплии артемии в течение 3-4 суток после выклева не нуждаются в кормлении в связи с эндогенным питанием [1, 2, 3]. Полученные результаты указывают на необходимость дальнейших исследований темпов развития артемий и, возможно, модификации методик биотестирования с учетом таких данных. При использовании плана эксперимента, указанного в рассмотренных методиках, более раннее начало пита-

ния может исказить результаты биотестирования, например, в случае присутствия в тестируемой пробе воды бактерий и других пищевых частиц.

В таблице 3 представлены значения ЛК₅₀ за 72 часа бихромата калия для исследованных партий артемии. В соответствии с рассмотренными методиками биотестирования, значение ЛК₅₀(72) должно попасть в диапазон концентраций бихромата калия 6,5-8,0 мг/л. Этому условию удовлетворяют только отдельные величины для *Artemia sp.1*, *Artemia sp.2* и *Artemia sp.7*. Величина 8.2 мг/л (для *Artemia sp.6*) незначительно превышает верхнюю границу диапазона допустимых значений. В других случаях артемии показали более низкую чувствительность (исключая величину 4.7 мг/л).

Разброс значений ЛК₅₀ для одной и той же партии артемии может быть значительным (например, для *Artemia sp.3*), несмотря на стандартные условия проведения эксперимента.

Полученные данные указывают на то, что из исследованных партий артемии образцы *Artemia sp.1*, *Artemia sp.2* и *Artemia sp.7* могут быть пригодными для биотестирования, при условии стабилизации их чувствительности в требуемом диапазоне на протяжении длительного времени.

Таблица 3

Чувствительность разных партий артемии к референтному токсиканту

Партия артемии	ЛК ₅₀ (72) бихромата калия, мг/л
<i>Artemia sp.1</i>	8.0 , 14.2, 9.7
<i>Artemia sp.2</i>	7.3 , 16.7, 10.9
<i>Artemia sp.3</i>	4.7, 16.0
<i>Artemia sp.4</i>	20.4
<i>Artemia sp.5</i>	13.9
<i>Artemia sp.6</i>	14.0, 8.2, 13.1
<i>Artemia sp.7</i>	7.5 , 11.0

Примечание: жирным шрифтом выделены значения, входящие в диапазон 6,5-8,0 мг/л.

Исследование связи измеренных параметров выклева артемий и их чувствительностью к референтному токсиканту показало, что ни среднее время выклева (T₅₀), ни синхронность выклева (T_s) не коррелируют с чувствительностью артемий (ЛК₅₀): коэффициенты корреляции равны соответственно 0.09 (p=0.751) и 0.03 (p=0.912).

Таким образом, показано, что разные партии артемии обладают существенно различающимися параметрами выклева, а также, по-видимому, различаются по скорости развития (одним из показателей которой является способность к поглощению пищи). Связь этих параметров с чувствительностью артемий к референтному токсиканту не выявлена, т.е. артемии с различными параметрами выклева и темпом развития могут быть пригодны для биотестирования. Необходимо определять параметры выклева и темп развития для каждой новой партии артемии при подготовке к биотестированию, и ориентироваться на них для получения синхронных науплиев и стандартизации условий биотестирования.

Список литературы:

1. Руководство по определению методом биотестирования токсичности вод, донных отложений, загрязняющих веществ и буровых растворов (утверждено МПР России, 27 апреля 2001г.), изд. РЭФИ, НИА-Природа, М., 2002.
2. ГОСТ Р 53886-2010 (ИСО 14669:1999) ВОДА. Методы определения токсичности по выживаемости морских ракообразных.

3. Методические указания по разработке нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения /под редакцией к.б.н. С.А. Соколовой, М.В./ – М.: Изд-во ВНИРО, 2011. – 201 С.
4. Lavens, P., Sorgeloos, P. (eds.) Manual on the production and use of live food for aquaculture // FAO Fisheries Technical Paper. – No. 361. – Rome, FAO. 1996. – 295 p.
5. Van Stappen, G. Artemia biodiversity in Central and Eastern Asia. PhD thesis, Ghent University, Belgium. 2008.

**VARIABILITY OF HATCHING AND GROWTH TRAITS OF ARTEMIA USED
IN THE BIOASSAY OF THE AQUATIC ENVIRONMENT**

T.A. Samoylova

*Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography,
Moscow, 107140, Russia, e-mail: asamojlova@mail.ru*

Abstract

The aim of the present study was to assess the variability of the characteristics of Artemia hatching and growth from different batches of cysts, and their relationship with the suitability of these batches for bioassay by the criterion of sensitivity to the reference toxicant. It is shown that different batches of Artemia have significantly different parameters of hatching, and the rate of development. The relationship of these parameters with the sensitivity of Artemia to the reference toxicant was not revealed, i.e. Artemia with different parameters of hatching and rate of development may be suitable for bioassay. For each new batch of Artemia before the bioassay, it is necessary to determine the parameters of hatching and the rate of development.

ОСОБЕННОСТИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПОЛИГОНОВ ТКО НА ОКРУЖАЮЩУЮ ПРИРОДНУЮ СРЕДУ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ ЕЁ РЕКУЛЬТИВАЦИИ

Д.В. Санина

*Российский государственный геологоразведочный университет
им. Серго Орджоникидзе (МГРИ), г. Москва, 117997, РФ,
e-mail: sanina.darya@yandex.ru*

Рассматриваются основные проблемы воздействия полигонов ТКО на окружающую среду. Описываются технологические способы ее рекультивации и защитных мероприятий, отражаются их особенности. Отмечается, что проблема является весьма актуальной и образование отходов является неизбежной в условиях урбанизации. В результате анализа технологических методов подчеркивается важность принятия грамотных решений по рекультивации полигонов. Отмечается необходимость возвращения земель закрытых полигонов для строительства социальных объектов.

Развитие современного мира невозможно без крупных городов. На сегодняшний день процесс урбанизации является глобальным, темпы и масштабы данного процесса растут. Москва является одним из крупнейших городов мира, динамично увеличивается территория, растет население. Однако не стоит забывать о законах экологии, сформулированных Б.Коммонером, где один гласит: «Все должно куда-то деваться».

На сегодняшний день проблема образования, обезвреживания, утилизации и снижения негативного воздействия мест захоронений твердых коммунальных отходов остается до сих пор актуальной. Согласно СП 320.1325800.2017, Полигоны твердых коммунальных отходов (ТКО) – это специально оборудованные сооружениями, предназначенными для размещения и обезвреживания отходов. Захоронение отходов на полигонах до сих пор остается основным способом их утилизации [2]. В прошлом подавляющее большинство полигонов образовывались стихийно, в различных котлованах и отработанных карьерах. Не учитывалось геологическое строение, гидрогеологическая, геохимические и ландшафтные условия.

При решении задач, связанных с размещением и эксплуатацией полигонов, возникает ряд экологических проблем. К важнейшей проблеме относится негативное влияние полигона на различные компоненты окружающей среды в течении длительного времени в зоне расположения полигонов.

Полигон является техногенной геохимической аномалией. В теле полигона, как правило, в результате инфильтрации, формируется техногенный водоносный горизонт. Образование фильтрата и биогаза в тоще свалочного тела в результате биохимических процессов представляет экологическую опасность.

Фильтрат – токсичный раствор, содержащий ряд соединений во много раз превышающих ПДК, который может поступать в поверхностные водоемы и подземные воды. Образование фильтрата идет и в теплое, и в холодное время года: в теплый период – дождевые осадки; в холодный – таяние снега вызывает тепло, выделяемое из-за разложения органических веществ в тоще свалочного тела, а так же захороненные части выпавшего снега с отходами.

В составе газов на полигоне присутствуют метан, углекислый и угарный газ, аммиак, сероводород и многие другие. В жаркую и сухую погоду, они склонны к воспламенению, происходят постоянные пожары на полигоне. Полигоны привлекают диких животных, насекомых - все это может создавать крайне неблагоприятную

санитарно-эпидемиологическую обстановку.

Для решения экологических проблем, связанных с воздействием полигонов на окружающую среду, существуют различные варианты защитных мероприятий на территориях размещения полигонов ТКО и ТПБО, в том числе системы мониторинга, дорогостоящие способы рекультивации. Уменьшение объемов образования фильтрата и биогаза достигается за счет ограничения притока атмосферных осадков в тело полигона. Согласно требованиям СанПиН 2.1.7.1322–03, для перехвата поверхностного стока в зоне складирования полигона предусматривается система нагорных канав и дождевая канализация, а для отвода фильтрата – дренажная система. С целью защиты зоны захоронения отходов по периметру необходимо сделать кольцевой канал и кольцевой вал высотой не менее 2 м. Для предотвращения попадания загрязняющих веществ в водоносный горизонт необходимо гидроизолировать основания и откосы котлована [1].

В условиях урбанизации существует потребность в возвращении земель закрытых полигонов, несанкционированных свалок в хозяйственную деятельность города для строительства социальных объектов. В таком случае возникает необходимость выбора стратегии рекультивации. Вид рекультивации полигонов определяется условиями его дальнейшего использования в хозяйственной деятельности.

Решения по обезвреживанию и технологические способы рекультивации старых свалок основаны на общепринятых эколого- инженерных принципах и включают следующие этапы: определение степени опасности свалки, оценка альтернативных вариантов и разработка технологии обезвреживания и рекультивации.

Технологические методы рекультивации можно разделить на три группы: извлечение, удаление и надежное захоронение, уничтожение на месте и фиксация загрязнителей на месте.

Рекультивация полигона выполняется в два этапа: технический (включает исследование свалочного тела, его воздействие на ОС) и биологический (мероприятия по восстановлению плодородия, возобновлению биоты) этапы. Разработке проекта рекультивации должен предшествовать комплекс инженерно-экологических изысканий, которые в ряде случаев могут заменить данные экологического мониторинга.

При рекультивации несанкционированных свалок без удаления свалочного грунта предусматривают мероприятия и работы по дегазации, устройству защитного экрана по верху свалочных грунтов, а также ограждению рекультивируемой территории во избежание вторичного ее загрязнения.

По верху свалочного грунта устраиваются защитные экраны, которые являются основными элементами, обеспечивающими главную природоохранную функцию. Конструкция защитных экранов представляет собой комбинацию фильтрующих и изоляционных элементов, которые позволяют собирать и отводить просачивающиеся поверхностные воды, атмосферные осадки и биогаз.

Для защиты сформированных грунтовых поверхностей от ветровой и водной эрозии производят их озеленение.

Список литературы:

1. Гигиенические требования к размещению и обезвреживанию отходов производства и потребления: СанПиН 2.1.7.1322–03 // Постановление главного санитарного врача РФ N 4526. – М., 2003.
2. "Полигоны для твердых коммунальных отходов. Проектирование, эксплуатация и рекультивация СП 320.1325800.2017. // Свод правил. – М., 2018

PECULIAR PROPERTIES OF IMPACT OF LANDFILLS ON THE ENVIRONMENT AND TECHNOLOGICAL REMEDIATION WAYS

D.V. Sanina

*Russian State Geological Prospecting University n. a. Sergo Ordzhonikidze (MGRI),
Moscow, 117997, Russia, e-mail: sanina.darya@yandex.ru*

Abstract

The article is about the main problems of impact of landfills and environmental impact. Technological reclamation methods are described, features of these methods. It is noted that the problem is highly relevant and the generation of waste is inevitable in the context of urbanization. The author notes the importance reclamation of used land for the construction of social facilities.

УДК 620.97

МОНИТОРИНГ ДОРОЖНОЙ КАРТЫ ПО КЛЮЧЕВЫМ ВОПРОСАМ ЭКОЛОГИИ, ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ И ВИЭ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ СТРАН СНГ

М.И. Сапаров¹; Г.В. Ермоленко²; А.С. Рахимов³; Л.Л. Хлебникова⁴

¹АО «ЭНИН», г. Москва, 101000, РФ, e-mail: saparov@eninnet.ru

²Институт энергетики НИУ «ВШЭ», г. Москва, 101000, РФ,

e-mail: germolenko@hse.ru

³ИК ЭЭС СНГ, г. Москва, 101000, РФ, e-mail: RAS@energo-cis.org

⁴АО «ЭНИН», г. Москва, 101000, РФ, e-mail: hlebnikova@eninnet.ru

В соответствии межправительственным Соглашением о координации в области электроэнергетики в феврале 1992 года был создан и успешно функционирует Электроэнергетический Совет СНГ (ЭЭС СНГ). В состав ЭЭС СНГ (далее-Совет) входят руководители энергетических ведомств стран СНГ, возглавляет ЭЭС СНГ Президент, который избирается из числа членов Совета в порядке ротации. В настоящее время Президентом ЭЭС СНГ является Министр энергетики Российской Федерации Новак А.В. Постоянно действующим рабочим органом ЭЭС СНГ является Исполнительный комитет, возглавляемый Председателем, который организует деятельность Совета в целом и различных его рабочих групп (РГ), в том числе РГ по экологии, энергоэффективности и ВИЭ.

Одной из основных задач данной РГ является мониторинг "Дорожной карты по ключевым вопросам экологии, энергоэффективности и ВИЭ в электроэнергетике стран СНГ» и подготовка раз в два года соответствующего сводного отчёта. В настоящее время подготовлен проект сводного отчёта за 2017-2018 годы, который включает в себя 6 разделов и Приложение:

1. Правовое регулирование отношений государств – участников СНГ в сфере энергоэффективности, возобновляемой энергетики и защиты окружающей среды;

2. Электроэнергетика;

3. Экология;

4. Изменение климата;

5. Энергоэффективность и энергосбережение;

6. Использование возобновляемых источников энергии.

Первый раздел Сводного отчёта, включает в себя:

- Перечень основных документов, регламентирующих деятельность Совета в сфере экологии, энергоэффективности и ВИЭ, в том числе:

• Соглашение о сотрудничестве государств-участников СНГ в области энергоэффективности и энергосбережения от 7 октября 2002 года;

• Основные направления и принципы взаимодействия государств – участников СНГ в области обеспечения энергоэффективности и энергосбережения, утвержденные Решением Экономического совета СНГ от 11 марта 2005 года;

• Концепция сотрудничества государств – участников СНГ в области использования возобновляемых источников энергии и План первоочередных мероприятий по ее реализации, утвержденные Решением Совета глав правительств СНГ от 20 ноября 2013 года;

• Концепция сотрудничества государств – участников СНГ в области инновационного развития энергетики и разработки передовых энергетических технологий и План первоочередных мероприятий по ее реализации, утвержденные Решением Совета глав правительств СНГ от 1 июня 2018 года.

- Перечень из 11 соответствующих модельных Кодексов и законов, принятых Постановлениями Межпарламентской Ассамблеи СНГ (МПА СНГ).

- Меморандумы и соглашения Электроэнергетического Совета СНГ с международными и иными организациями в сфере энергоэффективности, возобновляемой энергетики и защиты окружающей среды, в том числе:

- Соглашение о сотрудничестве между Союзом электроэнергетической промышленности ЕВРЭЛЕКТРИК и ЭЭС СНГ от 13 ноября 2003 года;

- Меморандум о взаимопонимании между ЭЭС СНГ и Европейской экономической комиссией (ЕЭК) ООН от 24 апреля 2014 года;

- Меморандум о взаимопонимании между ЭЭС СНГ и Экономической и социальной комиссией ООН для Азии и Тихого океана (ЭСКАТО) от 18 июня 2015 года.

- Важнейшие документы по вопросам устойчивого развития, трансформации энергетических систем и внедрения инновационных (передовых) технологий в энергетике.

- Уполномоченные органы стран СНГ в сфере электроэнергетики, экологии, изменения климата, энергоэффективности и энергосбережения, использования возобновляемых источников энергии.

Каждый из разделов (2-6) имеет одинаковую структуру и содержит следующую информацию:

- Основные нормативные правовые акты (НПА), принятые в странах СНГ в 2017-2018 годах;

- Обзоры и доклады, выпущенные (изданные) в 2017-2018 годах;

- Отчетные количественные показатели.

В разделе «Электроэнергетика» приведены, в том числе:

- Обзоры, доклады, отчеты по электроэнергетике, включая: «Анализ рынка электроэнергии Казахстана, 2017 год», изданный в 2018 году Департаментом «Развития рынка», отчеты о функционировании ЕЭС России в 2017 и 2018 годах, выпускаемые Системным оператором ЕЭС;

- Сводные данные о динамике установленной мощности электростанций и производства электроэнергии в государствах-участниках СНГ в период 2000-2018 годы.

- Данные об основных показателях электроэнергетики в государствах-участниках СНГ в 2017-2018 годах.

В разделе «Экология» приведены, в том числе:

- Обзоры и доклады по экологии, включая «Обзор фонового состояния окружающей природной среды на территории стран СНГ за 2017 год», «Третий Обзор результативности экологической деятельности» Республики Таджикистан за 2017 год, «Национальный доклад о состоянии окружающей среды и об использовании природных ресурсов Республики Казахстан за 2017 год», «Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2017 году»,

- Данные по экологии в электроэнергетике стран СНГ (выбросы и сбросы загрязняющих веществ, образование и утилизация золошлаковых отходов).

В разделе «Изменение климата» приведены, в том числе:

- «Сводное сообщение о состоянии и изменении климата на территории государств – участников СНГ за 2017 год»;

- Национальные сообщения и доклады о кадастре антропогенных выбросов стран СНГ из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом;

- качественные и количественные характеристики обязательств государств – участников СНГ в рамках Парижского Соглашения;

- данные по выбросам парниковых газов в энергетике стран СНГ;

- итоги 1-го Совещания сторон Парижского соглашения в Катовице.

В разделе «Энергоэффективность и энергосбережение» приведены, в том числе:

- Обзоры и доклады по вопросам энергоэффективности и энергосбережения в странах СНГ, изданные (выпущенные) в 2017-2018 годах, включая «Углубленные обзоры политики Республики Армения и Кыргызской Республики в области энергоэффективности», подготовленные в рамках Энергетической Хартии, доклад «О состоянии энергосбережения и повышении энергетической эффективности в Российской Федерации в 2017 году»;

- Динамика удельных расходов топлива на отпуск электроэнергии на электростанциях и потерь электроэнергии в электрических сетях государств-участников СНГ.

В разделе «Использование возобновляемых источников энергии» приведены, в том числе;

- Обзоры и доклады по вопросам ВИЭ, включая отчеты Международного Агентства Возобновляемой Энергетики (IRENA) и Сообщества REN21, выпущенные в 2017-2018 годах;

- Обобщенные данные по установленной мощности (МВт) и производству электроэнергии (ГВт ч) объектами ВИЭ стран СНГ в период 2008 – 2018 годы, представленные в материалах IRENA «Статистика установленной мощности в возобновляемой энергетике 2019» (Renewable Capacity Statistics 2019) и «Статистика возобновляемой энергетики 2018» (Renewable ENERGY Statistics 2018);

- Установленная мощность и производство электроэнергии ВИЭ электростанциями стран СНГ в 2017-2018 годах.

В Приложении приведено содержание свыше 30 обзоров и докладов, выпущенных (изданных) в 2017-2018 годах по всем перечисленным разделам сводного отчёта, среди которых особо можно выделить следующие документы:

- Заявление Министров в Астане на Министерской конференции «Обеспечение устойчивого развития энергетики» в рамках Восьмого международного форума по энергетике для устойчивого развития от 11 июня 2017 года;

- Глобальная система отслеживания: прогресс ЕЭК ООН в области устойчивой энергетики. Серия публикаций ЕЭК ООН по энергетике, №49;

- Краткий обзор докладов 47-й Сессии СИГРЭ по направлениям Исследовательских комитетов.

MONITORING OF THE ROAD MAP ON KEY ISSUES OF ECOLOGY, ENERGY EFFICIENCY AND RES IN THE ELECTRIC POWER INDUSTRY OF THE CIS COUNTRIES

M.I. Saparov¹, G.V. Ermolenko², A. S. Rakhimov³, L.L. Khlebnikova⁴

¹*First author affiliation JSC ENIN, Moscow, 101000, Russian Federation, e-mail: saparov@eninnet.ru*

²*Institute of Energy, National Research University "Higher School of Economics", Moscow, 101000, Russian Federation, e-mail: germolenko@hse.ru*

³*EC EPC CIS, Moscow, 101000, Russian Federation, e-mail: RAS@energo-cis.org*

⁴*JSC ENIN, Moscow, 101000, Russian Federation, e-mail: hlebnikova@eninnet.ru*

Abstract

The Electric Power Council of the CIS (EES CIS) was established in February 1992 in accordance with the intergovernmental agreement on coordination in the field of electric power industry. A working group on ecology, energy efficiency and renewable energy has been created to work out the problem of sustainable energy development. One of the main tasks of this working group is to monitor the “Roadmap on key environmental issues, energy efficiency and renewable energy in the power industry of the CIS countries” and to prepare a biennial relevant summary report. A draft report for 2017-2018 has been prepared and its structure is described in this article.

УДК 628.14

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО СОСТОЯНИЯ ТРУБОПРОВОДОВ ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

Т.Н. Сауткина; О.Н. Медведева; Е.В. Чеснокова

*Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
г. Саратов, 410054, Россия, e-mail: medvedeva-on@mail.ru*

Важной социально-экономической задачей является удовлетворение потребностей жителей водой требуемого качества, так как подаваемая вода должна иметь хорошие органолептические показатели и быть безвредной для здоровья. Однако в процессе длительной эксплуатации на трубопроводах образуется коррозия, отложения и биологические обрастания. Причиной этого являются растворенные в воде кислород, угольная кислота, различные химические соединения; присутствие бактерий, грибов, а также продуктов их жизнедеятельности. Если трубопроводы не имеют защиты, то начинают загрязняться уже через 6 лет. Вследствие этого происходят потери воды и создаются аварийные ситуации на сетях. Ежегодно из-за коррозии водопроводных труб происходит огромное количество аварий, что приводит к потерям сотен миллионов рублей [1, 2].

Анализ данных по работоспособности трубопроводов систем водоснабжения и влияния степени обрастания трубопроводов на общее эксплуатационное состояние показал, что величин определяющими факторами выступают [3, 4]: качество материала труб, качество перекачиваемой воды, рН, концентрации солей, наличие микроорганизмов и др..

В настоящее время для осмотра внутренних поверхностей трубопроводов применяют визуальные методы и приборное обследование (эндоскопы, толщиномеры, телевизионные камеры). Расчетным путем наличие и степень обрастания трубопроводов можно установить по фактическим гидравлическим сопротивлениям участков водопроводной сети и сравнением полученных значений с экспериментальными данными Ф.А. Шевелева.

В качестве определяющего параметра обрастания водопровода принята толщина обрастания с учетом амплитуды ее значений. На рисунке 1 представлена фотография стального водопровода, подвергшегося интенсивному обрастанию.

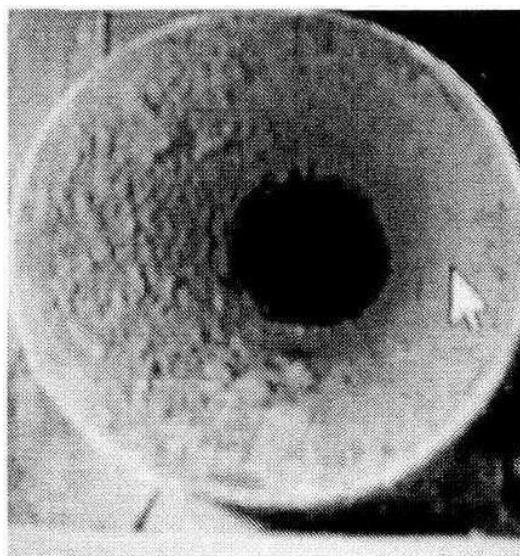


Рис. 1. Обрастание стального напорного трубопровода

Как правило, экспериментальное изучение процесса обрастания трубопроводов возможно лишь в случаях аварийных или плановых ремонтных работ, что влечет за собой необходимость разработки и внедрения вероятностного метода определения величины обрастания и ее влияния на эксплуатационные характеристики трубопроводов. На рис. 2 представлена схема распространения обрастания трубопровода.

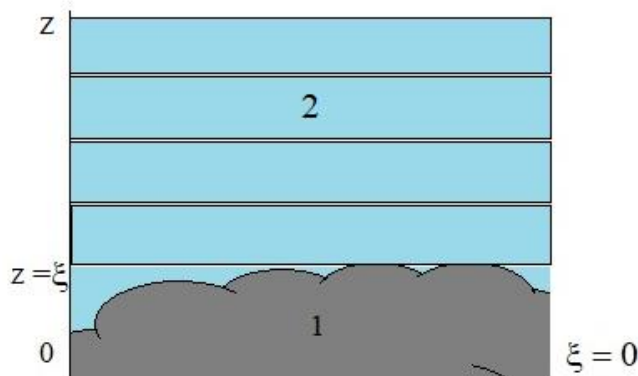


Рис. 2. Схема обрастания трубы: 1 – зона обрастания; 2 – перекачиваемая вода

За основу теоретического подхода, используемого для оценки степени обрастания тела трубы, принято различие теплопроводящих свойств воды и материала обрастаний трубы.

Математическая модель задачи имеет вид:

$$\begin{cases} \frac{\partial T_1}{\partial t} = a_1^2 \frac{\partial^2 T_1}{\partial z^2}, 0 < z < \xi \\ \frac{\partial T_2}{\partial t} = a_2^2 \frac{\partial^2 T_2}{\partial z^2}, \xi < z < \infty \end{cases}, \quad (1)$$

где T_1, T_2 – температуры для зон 1 и 2;

t – время, с;

ξ – толщина обрастания; z – поперечная координата, м;

$a_1^2; a_2^2$ – коэффициенты температуропроводности, м²/с.

По результатам решения краевой задачи (1) определен закон обрастания трубопровода:

$$\frac{\xi}{\sqrt{t}} = \text{const} = \alpha,$$

где α – постоянная, зависящая от плотности, теплопроводности и теплоемкости обрастания и плотности воды, определяется после преобразований с учетом допущений, что толщина обрастания мала по сравнению с толщиной воды и тогда температура продуктов обрастания равна температуре материала трубы, по формуле:

$$\alpha = \frac{2\sqrt{\pi a_2}}{\pi D - 2}, \quad (2)$$

где $D = \frac{\lambda \rho_1 a_2^2}{c_2 - c_1 k_2},$

c_1, c_2 – постоянные температуры;

k_2 – коэффициент теплопроводности, Вт/(м·град);

λ – эмпирический коэффициент, аналог коэффициента теплообмена, м²/с².

Величину обрастания трубопроводов, мм, можно определить по формуле:

$$\xi = 1,183\sqrt{t}. \quad (3)$$

Для того, чтобы величина α считалась достоверной, необходимо проверить выполнение условия:

$$\beta = \frac{\alpha}{2a_2} < 1. \quad (4)$$

Анализ данных статистической обработки натуральных экспериментов и линейной эмпирической зависимости А.Д. Альтшуля, позволяет сделать вывод об адекватности предложенной математической модели.

При наличии опытных данных можно сделать прогноз состояния трубопроводов на любой период времени с учетом всех факторов, влияющих на поддержание работоспособности трубопроводов.

Используя теорию вероятности, можно также определить риск обрастания трубопровода во времени [5]:

$$r = \frac{S_p}{S_0}, \quad (5)$$

где S_p – суммарная площадь обрастаний за весь период эксплуатации трубопровода;
 S_0 – площадь поперечного сечения трубопровода.

Или, с использованием распределения Шарлье:

$$r = 0.5 - \Phi \left[\frac{h_{кр} - h_{ср}}{\sqrt{\sigma_{кр}^2 + \sigma_{ср}^2}} \right] - \frac{1}{6} C_s \times f^{(2)} \left[\frac{h_{кр} - h_{ср}}{\sqrt{\sigma_{кр}^2 + \sigma_{ср}^2}} \right] + \frac{1}{24} E_u f^{(3)} \left[\frac{h_{кр} - h_{ср}}{\sqrt{\sigma_{кр}^2 + \sigma_{ср}^2}} \right], \quad (6)$$

где C_s , E_u – коэффициент асимметрии и эксцесс эмпирического распространения интервалов между величинами обрастаний;

$f^{(2)}$, $f^{(3)}$ – вторая и третья производные нормального распределения;

$$U = \left[\frac{h_{кр} - h_{ср}}{\sqrt{\sigma_{кр}^2 + \sigma_{ср}^2}} \right] - \text{квантиль нормального распределения};$$

$h_{ср}$, $h_{кр}$ – средняя и критическая величины обрастания;

$\sigma_{ср}$, $\sigma_{кр}$ – средние квадратичные отклонения величин обрастания.

Величину критического обрастания трубопровода находим из выражения:

$$h_{кр} = 2 \cdot h_{дон} - \frac{\sqrt{h_{дон}^2 + [25 \cdot (C_v^{h_n})^2 - 1] \cdot (h_{дон}^2 - 25 \cdot \sigma_{дон}^2)} - h_{дон}}{25 \cdot (C_v^{h_{кр}})^2 - 1}, \quad (7)$$

где $C_v^{h_n} = C_v + (h_{дон} + \alpha \cdot t)/d$ – коэффициент вариации;

t – срок службы;

d – диаметр;

α – коэффициент, характеризующий быстроту возрастания шероховатости;

$h_{дон}$ – абсолютная шероховатость для труб стальных, сварных в зависимости от срока эксплуатации.

Предложенная методика оценки эксплуатационного состояния трубопроводов по риску обрастания и фактическому сроку службы может быть использована для оценки работоспособности трубопроводов водоснабжения, а также для выявления наиболее коррозионных участков трассы. Разработанная математическая модель процесса позволяет определить величину обрастания трубы в зависимости от времени эксплуатации без трудоемких физических измерений параметров обрастания.

Как показывают расчеты, использование устройств для прочистки трубопроводов от обрастаний позволяет существенно снизить энергозатраты за счет улучшения эксплуатационных условий трубопроводов.

Список литературы:

1. Терентьев В.И., Караван С.В., Павловец Н.М. Борьба с коррозией в системах водоснабжения. СПб.: Проспект Науки, 2007. 328 с.
2. Pietrucha-Urbanik K., Tchórzewska-Cieślak B. Failure risk assessment in water network in terms of planning renewals – a case study of the exemplary water supply system// *Water Practice and Technology* (2017) 12 (2): 274-286. <https://doi.org/10.2166/wpt.2017.034>.
3. Сауткина Т. Н. Причины коррозии трубопроводов закрытой оросительной сети // *Научная жизнь*. 2013. № 1. С. 64-68.
4. Сауткина Т.Н., Чеснокова Е.В., Касатов А.Ю. Анализ влияния обрастания трубопроводов на качество питьевой воды // *Человек, экология, культура: сб. науч. тр. Всерос. науч.-практ. студ. конф. Саратов: СГТУ, 2018. С. 198-202.*
5. Столяров В.В. Исследование величины обрастания (коррозии) трубопроводов с использованием теории риска// *Вестник СГТУ*. 2011. № 4 (59). Выпуск 1. С. 224 – 227.

A CONDITION ASSESSMENT METHOD OF PIPELINE ENGINEERING SYSTEMS IN THE IN THE PROCESS OF EXPLOITATION

T.N. Sautkina; O.N. Medvedeva; E.V. Chesnokova

Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Saratov, 410054, Russia

Abstract

An important socio-economic task is to meet the needs of residents with water of the required quality, since the supplied water must have good organoleptic characteristics and be harmless to health. However, during long-term operation, corrosion, deposition and biological fouling are formed on the pipelines. The reason for this is dissolved in water, oxygen, carbonic acid, various chemical compounds; the presence of bacteria, fungi, and their metabolic products. If the pipelines do not have protection, then they begin to be contaminated after 6 years. As a result, water losses occur and emergency situations are created on the networks. A method for assessing the operational state of the pipeline for the risk of fouling and the actual service life of the pipeline has been proposed. It can be used to assess the performance of the pipeline and identify the most corrosive parts of the pipeline.

УДК 631.354

КОМБИНИРОВАННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЭУ С УСТРОЙСТВОМ ДЛЯ ОБМОЛОТА СЕЛЬХОЗКУЛЬТУР

В.А. Сафонов, М.В. Лапа, А.А. Восканян, Д.Ф. Бордан
ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,
Севастополь, Россия, e-mail: vasafonov@sevsu.ru,

Существующие механические методы обмолота с/х культур осуществляют значительное микротравмирование и дробление зерна при контакте с механическими подвижными частями [1,2]. Это можно исключить, если использовать аэродинамический способ обмолота в вихревом потоке.

Эксперимент в трубе диаметром 50 мм по визуализации колебательных структур (пучком стеблей риса) показал, что пучок стеблей риса приобретает синусоидальную форму в результате колебаний. Наличие автоколебаний в вихревой трубе позволило осуществить в ней обмолот различных с/х культур, таких как рис, кукуруза, пшеница, овес и др. На рис. 1, 2, 3, 4 представлены установки для аэродинамического обмолота с/х культур.

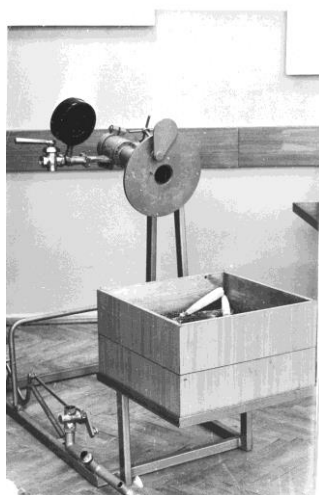


Рис. 1. Установка для обмолота селекционных проб, труба диаметром 50 мм.



Рис. 2. Установка для обмолота початков кукурузы, труба диаметром 300 мм.

Кожух зерноборника установки (рис.2) снят и зерно падает непосредственно на пол, а стержни остаются внутри корпуса вихревой трубы.

Сжатый воздух возможно получать от вентилятора-нагнетателя, установленного на земле, сопряженного с ротором ВЭУ, как показано на рис. 3 с помощью вертикального вала.

Весьма перспективным представляется использовать сушку початков с последующим обмолотом в вихревой трубе, что может существенно сократить расходы на сушку початков, которые составляют значительную величину по сравнению с обмолотом, если сушку сопровождать включением повышенного давления воздуха для поворота массы початков, а после окончания сушки повышением давления воздуха осуществлять обмолот. Для этих целей возможно использовать вихревые трубы диаметром значительно большим, чем 2 м — 15÷18 м. Такой способ существенно снизит затраты энергии и время обмолота и является принципиально новым в технологии сушки и обмолота.

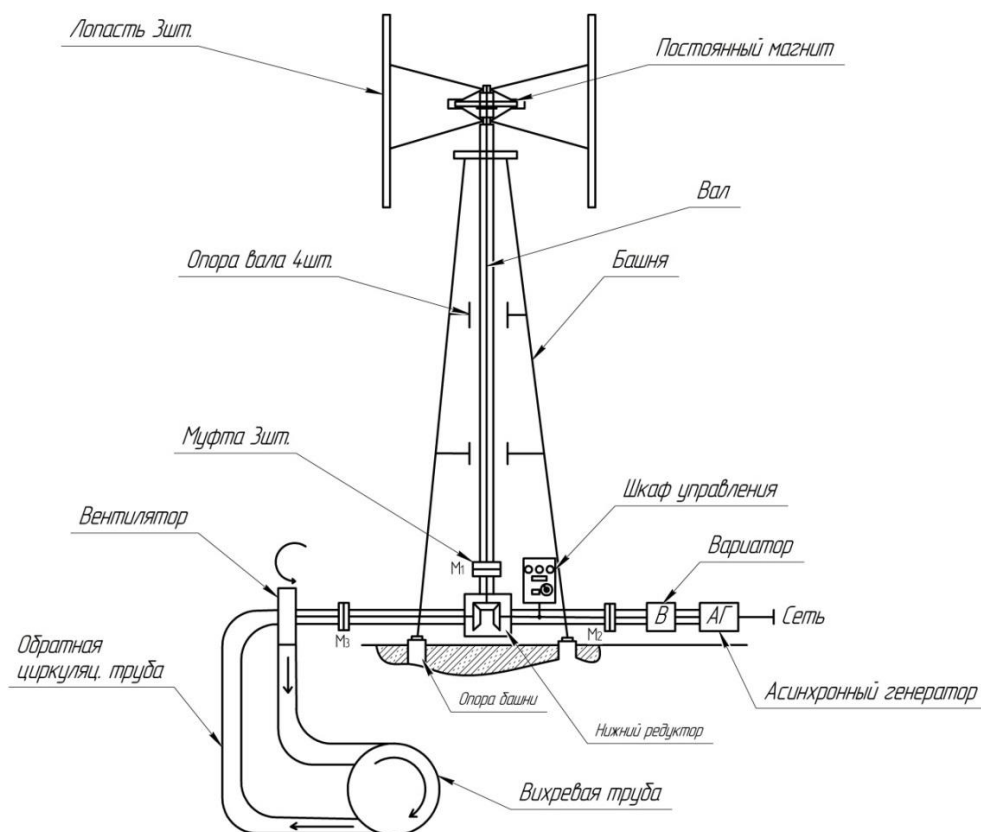


Рис.3. Схема вертикально-осевой ВЭУ с устройством для обмолота

На рис.4 показан нетрадиционный вихревой аэродинамический стенд обмолота с/х культур, изготовленный Севастопольским ремонтно-механическим заводом для института ВИМ (г. Москва) по изобретениям Сафонова В.А.

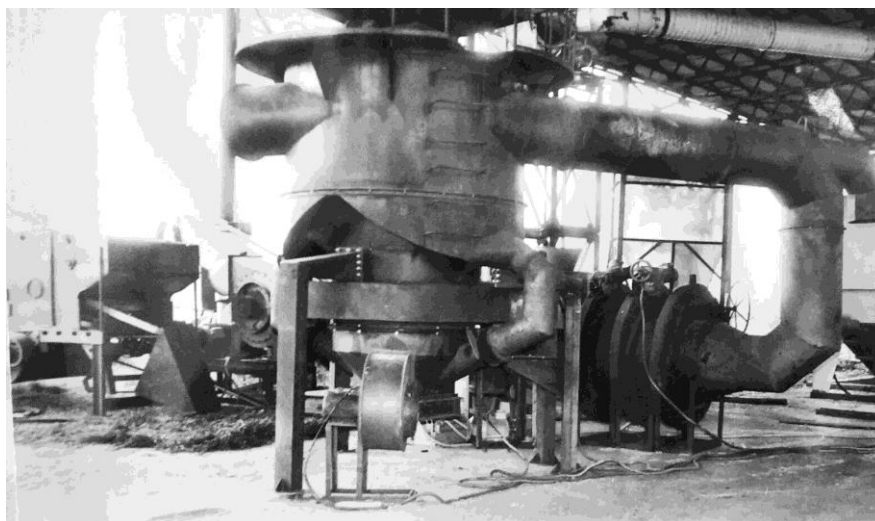


Рис. 4. Нетрадиционный вихревой аэродинамический стенд обмолота с/х культур

Экспериментальный стенд содержит вихревую трубу диаметром 1,2 м с кожухом зерносорника вокруг нее. На рисунке 4 виден внизу вспомогательный вентилятор. На возвратном воздуховоде установлены регулировочные дроссельные диафрагмы для изменения расхода и давления воздуха на входе в вихревую трубу. Нижний вентилятор может подсушивать обмолачиваемую массу. Предназначен для отработки разнообразных конструкций и режимов обмолота различных культур.

Проведены также эксперименты по обмолоту семян различных овощных культур.

В установках обмолачивались початки кукурузы и шляпки подсолнечника. Наблюдалось исключительное вымолачивание всех остатков зерен. Для кукурузы вымолачивались сначала концевые части, а затем средняя часть початка. Это дает возможность для селекции выбирать наиболее продуктивную среднюю часть зерен в початке, остановив подачу воздуха, и после удаления непродуктивных концевых зерен снова включить подачу воздуха.

Время обмолота в трубе диаметром 1,2 м зависит от влажности початков и не превышает 5 минут при массе початков 150 кг. В трубе диаметром 50 мм в сопловом сечении с углом конуса патрубка горячего потока 3 градуса осуществляется обмолот 1 початка в течение 3-5 секунд при давлении $0,2 \times 10^5$ Па. В этой же трубе осуществлялся обмолот различных колосовых растений при давлении 0,01 Па, то есть в вентиляторном режиме. В таблице 1 представлено минимальное давление воздуха и его расход на 1 кг зерна для обмолота различных культур.

Таблица 1

Параметры для обмолота различных культур

Обмолачиваемые культуры	Минимальное давление воздуха, кг/см ²	Расход воздуха (м ³) на 1 кг зерна
Овес	0,03÷0,05	≈ 10
Рис	0,04÷0,05	≈ 10
Лен	0,05÷0,06	≈ 10
Просо	0,05÷0,06	≈ 10
Сорго	0,07	≈ 10
Тритикале (гибрид пшеницы и ржи)	0,1	≈ 10
Мокрые колосья пшеницы	0,2	≈ 12
Кукуруза	1,5÷2	≈ 2÷1,5

Характерной особенностью использования вихревой трубы для обмолота является резкое понижение требуемого давления с ростом диаметра вихревой трубы. При обмолоте початков кукурузы давление уменьшается с 2×10^5 Паскаля при диаметре 50 мм до $0,07 \times 10^5$ Паскаля при диаметре 1,2 м, то есть более чем в 30 раз. Соответственно и энергозатраты на 1 кг веса початков уменьшаются почти в 40 раз. В вихревой трубе диаметром 50 мм обмолачивался один початок, в трубе диаметром 1,2 м – 250 кг, а в трубе диаметром 2 м – 1500 кг. Также проводились эксперименты по обмолоту семян различных овощных культур.

На рисунке 5 приведены графики: удельной работы А на обмолот 1 кг початков (рис.5 а), зависимости минимального давления для обмолота от диаметра трубы (рис.5 б), производительности (рис.5 в), удельный расход воздуха (рис.5 г), стоимости обмолота 1 тонны початков (рис.5 д), мощности и производительности (рис.5 е) в зависимости от диаметра вихревой трубы.

На рис.6 а представлен экономический эффект от использования в зависимости от диаметра вихревой трубы, на рис.6 б – зависимость приведенных затрат от диаметра вихревой трубы.

Экономическая эффективность вихревой установки для обмолота превышает эффективность обмолота механическим способом при диаметре вихревой трубы более 0,8 м. При меньшем диаметре ее эффективность ниже, однако ее ценность заключается в неповреждаемости зерна, что важно для семенных целей и более полного обмолота.

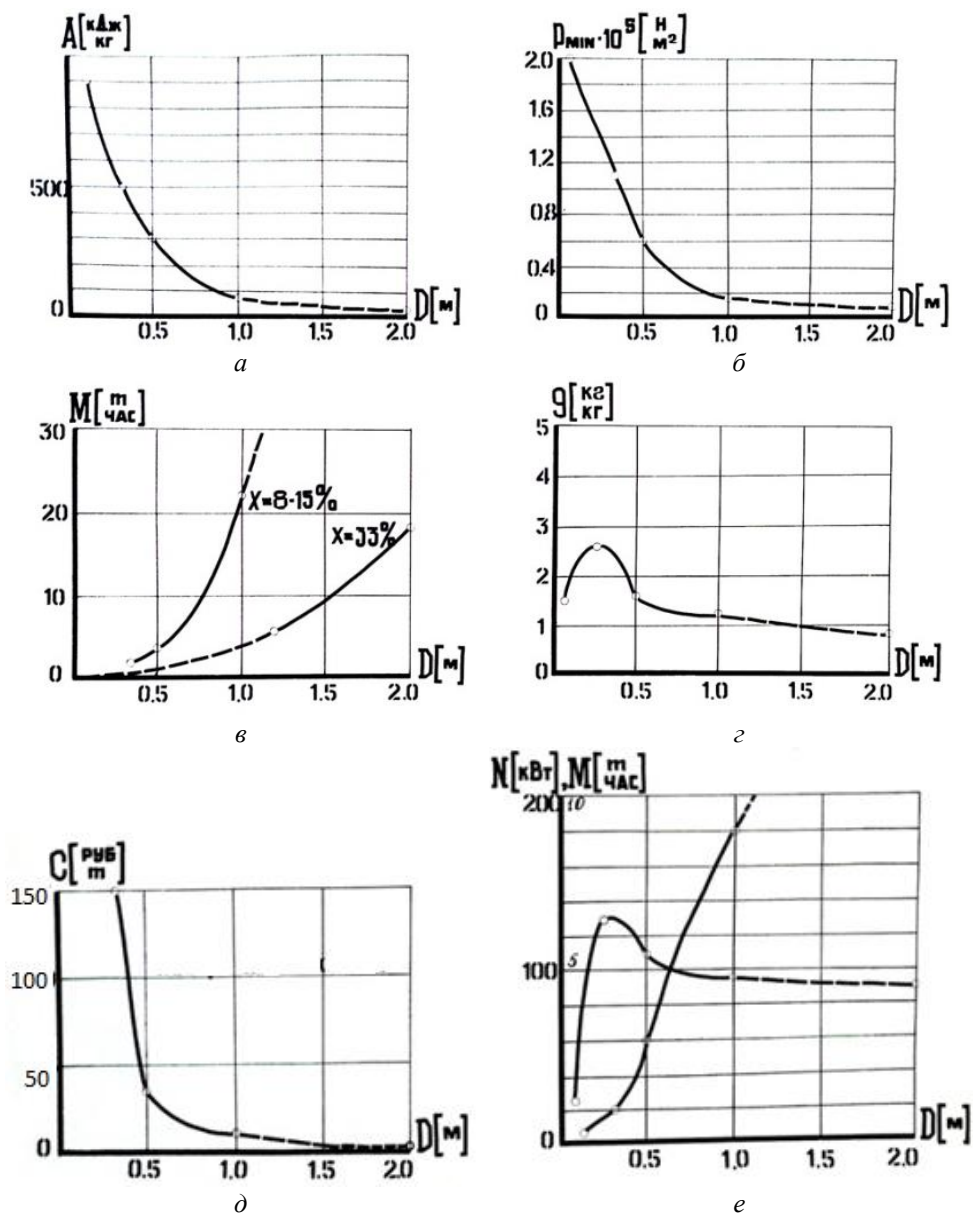


Рис. 5. Характеристики вихревой трубы для обмолота

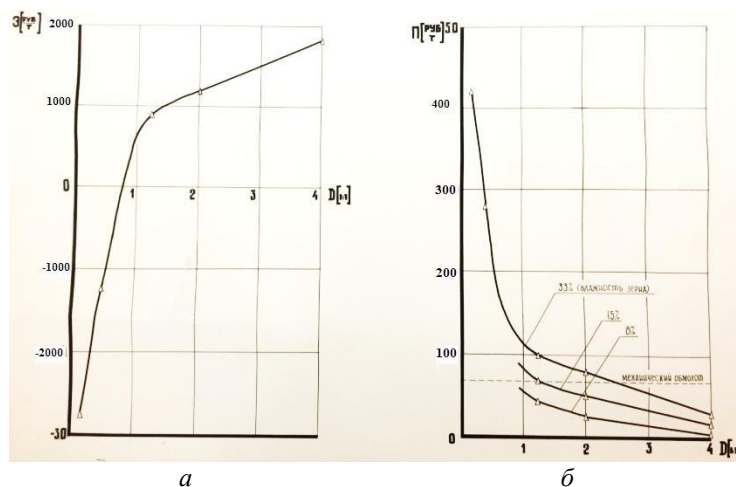


Рис. 6. Экономический эффект и приведенные затраты

Выводы. Возможен аэродинамический обмолот различных с/х культур, в том числе труднообмолочиваемых. При обмолоте семян эффективность такого способа обмолота несоизмеримо выше из-за сокращения микротравмирования и улучшения

всхожести дорогостоящего посевного материала во всем исследованном диапазоне диаметров вихревой трубы. Для таких семян, как люпин, дробление уменьшается с 30% до 0.5 – 1%. При обмолоте початков кукурузы энергозатраты на обмолот становятся меньше, чем при механическом обмолоте при диаметре вихревой трубы больше 0,8 м. Наиболее перспективным следует считать одновременный обмолот и сушку зерна в одном устройстве. Применение этого способа позволит улучшить сушку семян.

Список литературы:

1. Жалнин Э.В. Обмолот зерновых культур: от теории к практике / Э.В. Жалнин // Сельский механизатор. – 2012. – №3, с.62.
2. Специальные вопросы возобновляемой энергетики: монография/под ред. В.А. Сафонова. – Севастополь: Изд-во ФГБНУН Института природно-технических систем РАН, 2017. – 338 с.

**COMBINED USE OF WPP WITH A DEVICE FOR THRESHOLD
AGRICULTURAL PRODUCTS**

V.A. Safonov, M.V. Lapa, A.A. Voskanyan, D.F. Bordan

Sevastopol State University, Sevastopol, e-mail: vasafonov@sevsu.ru,

Abstract

The existing mechanical threshing methods carry out significant microtrauma and crushing of the grain upon contact with mechanical moving parts. This can be excluded if the aerodynamic threshing method in a vortex flow is used.

Aerodynamic threshing of various crops is possible, including those that are hard to thresh. When threshing seeds, the efficiency of such a threshing method is higher due to the reduction of microtrauma and improved germination of expensive seed throughout the entire range of diameters of the vortex tube. The most promising should be considered simultaneous threshing and drying of grain in one device, which will improve the drying of seeds.

ПРИМЕНЕНИЕ ДИСТАНЦИОННЫХ МЕТОДОВ ПРИ РЕАБИЛИТАЦИИ ХРАНИЛИЩ РАО И ОЯТ НА ТЕРРИТОРИИ БЫВШЕЙ БЕРЕГОВОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ В ЗАТО Г. ОСТРОВНОЙ

А.М. Сафронов; А.С. Данилович; С.В. Смирнов

*Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт»,
г. Москва, 123182, Россия, e-mail: afrosnov@yandex.ru*

Введение. Одним из наиболее масштабных проектов по решению проблемы «ядерного наследия» в Северо-Западном регионе России является проект «Гремиха» – экологическая реабилитация территории бывшей береговой технической базы (БТБ) Северного флота в городе Островной (в настоящий момент это отделение Гремиха Северо-Западного центра «СевРАО» филиал ФГУП «РосРАО», ЗАТО г. Островной, Мурманская область). Работы по экологической реабилитации объекта начались ещё в 2003 г. в ходе реализации программы «Глобального партнёрства G-8» при технической и финансовой поддержке госкорпорации «Росатом», Комиссариата по атомной энергии Франции и других участников [1].

На первом этапе работ проекта «Гремиха» были осуществлены мероприятия, направленные на повышение ядерной и радиационной безопасности объекта и защиты персонала. С этой целью была восстановлена и модернизирована инженерно-техническая инфраструктура объекта, улучшена его материально-техническая обеспеченность, усилена служба дозиметрического контроля. Для получения исходных данных о радиационном состоянии временных хранилищ РАО и ОЯТ в 2005-2006 гг. было проведено комплексное инженерно-радиационное обследование (КИРО) зданий, сооружений, территории объекта и прибрежной акватории.

При проведении КИРО было выполнено дистанционное радиационное обследование открытой площадки временного хранения ТРО (ПВХТРО), которое позволило определить расположение мощных источников γ -излучения (фрагментов ОТВС и ВАО), нештатно хранившихся на площадке. Помимо этого, дистанционное обследование показало наличие высокоактивных источников γ -излучения в бетонных контейнерах на ПВХТРО и в двух металлических упаковках в здании 19. В спектрах излучения от содержимого этих контейнеров присутствовали линии, характерные для ^{152}Eu , что предварительно характеризовало эти источники, как фрагменты стержней системы управления и защиты (СУЗ) реакторных установок АПЛ первого поколения [2].

Реализация мероприятий по улучшению радиационной обстановки в отделении Гремиха позволило приступить к работам по учёту и подготовке к вывозу ОТВС, хранящихся на открытой площадке ПВХТРО. Было определено, что на ПВХТРО размещено для временного хранения 898 ОТВС от реакторных установок с водяным теплоносителем (ВВР) АПЛ первого поколения. В результате работ, проведённых в 2008-2012 гг., все ОТВС были освидетельствованы, подготовлены к отправке и вывезены с территории объекта для последующей переработки на ПО «Маяк». Так, начиная со второй половины 2012 г., территория отделения Гремиха стала свободной от ОЯТ АПЛ первого поколения [3].

Очередной этап работ по реабилитации территории объекта начался в 2017 г. при поддержке госкорпорации «Росатом». Целью работ этого этапа стало решение задач по обращению с ВАО, накопленными в отделении Гремиха при эксплуатации реакторов АПЛ, включая их подготовку и вывоз с объекта для последующего размещения на хранение в Региональном центре кондиционирования и долговременного хранения РАО (РЦ КДХ РАО) в губе Сайда в Мурманской области. ВАО, являвшиеся объектом

поиска и измерения, представляли собой облучённые стержни АР и АЗ СУЗ реакторов АПЛ первого поколения. По данным КИРО, они хранились в бетонных контейнерах на ПВХТРО и в двух металлических упаковках в здании 19.

Оборудование для проведения работ. Основной объём работ выполнялся сотрудниками НИЦ «Курчатовский институт» и коллективом отделения Гремиха СЗЦ «СевРАО». Для снижения дозовой нагрузки на персонал, большая часть работ по поиску, сортировке и упаковке РАО проводилась удалённо с использованием роботов Brokk-90 и Brokk-160, а также систем видеонаблюдения и освещения. Для выполнения этих работ в НИЦ «Курчатовский институт» была разработана и изготовлена спектрометрическая система «Гамма-пионер», предназначенная для поиска и идентификации высокоактивных источников γ -излучения в условиях интенсивных радиационных полей.

Общий вид системы «Гамма-пионер» представлен на рис. 1а. Система состоит из измерительного блока, подключённого посредством кабеля «витая пара» к блоку управления. Длина кабеля составляет 100 метров, что позволяет проводить обследование на безопасном удалении от источников радиации. Измерительный блок системы крепится в качестве рабочего инструмента к стреле робота Brokk-90.

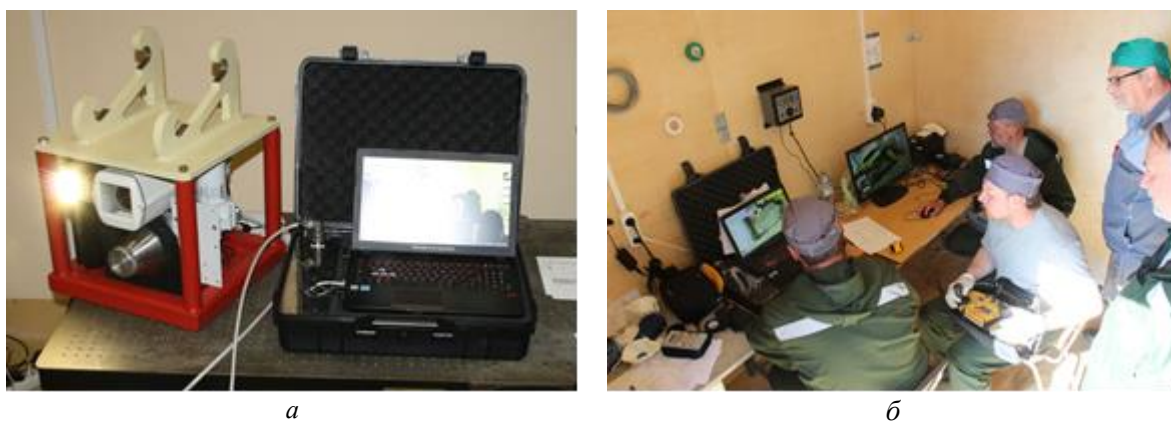


Рис. 1. а – общий вид спектрометрической системы «Гамма-пионер»; б – операторское помещение внутри одного из десятифутовых морских контейнеров

Измерительный блок «Гамма-пионера» оснащён микроспектрометром γ -излучения μ SPEC500 (производства компании Ritec) [4], который находится внутри свинцовой защиты, детектором γ -излучения ДБГ-С11Д, цветной видеокамерой, модулем связи с управляющим компьютером и светодиодным прожектором. Для защиты от механических повреждений все компоненты измерительного блока находятся внутри защитного стального каркаса.

В применяемом микроспектрометре μ SPEC500 используется полупроводниковый детектор на основе кристалла CdZnTe, что обеспечивает его высокое энергетическое разрешение при сохранении компактных размеров и отсутствии необходимости в дополнительном охлаждении. Использование CdZnTe детектора позволяет не только определять радионуклидный состав загрязнения, но и рассчитывать мощность дозы γ -излучения, создаваемой объектами в поле зрения системы.

Всё необходимое оборудование (роботы с их навесными инструментами, система «Гамма-пионер», системы видеонаблюдения и освещения, кабели, установка пылеподавления, промышленный пылесос, ручной инструмент, СИЗ и прочее) было упаковано в два десятифутовых морских контейнера, которые при выполнении работ на объекте использовались как операторское помещение и склад (см. рис. 1б). Контейнеры с оборудованием, стаяль с пандусом для установки роботов на ПВХТРО и два комплекта транспортного контейнера УКТ1А-6К9 с защитным контейнером К-150 и чехлом ЧУ-В для упаковки ВАО были доставлены на объект с

помощью морского транспорта. Следует отметить, что при содействии в выполнении работ специалистами отделения Гремеха использовалась техника, инструменты и приборы, уже имевшиеся в наличии на объекте.

Выполнение работ в зале хранилища ТРО в здании 19. Работы начались в здании 19, в зале которого располагался т.н. «саркофаг» – два металлических контейнера с ТРО, укрытых слоем биологической защиты из бетонных блоков и листов свинца. Значительную часть времени работ заняла подготовка к ним – доставка оборудования к зданию, расстановка контейнеров, визуальный осмотр объекта, подготовка электрошита, сборка и установка роботов, систем, приборов и прочее. Расстановка оборудования в зале здания 19 показана на рис. 2а.



Рис. 2. а – размещение оборудования внутри зала хранилища в здании 19; б – вид содержимого первой металлической упаковки с РАО из здания 19

После частичного удаления биологической защиты первого контейнера, было установлено, что внутри наряду с искомыми ВАО (облучёнными европейскими стержнями СУЗ) находятся средне- и низкоактивные отходы (САО и НАО), а именно термопары, внешне похожие на стержни СУЗ. Работа осложнялась тем обстоятельством, что обнаруженные ТРО были частично забетонированы и забросаны крупными камнями (см. рис. 2б). Содержимое второго контейнера оказалось во многом похоже на содержимое первого, поэтому при разборе контейнеров применялся одинаковый комплекс технологических операций.

При дистанционном разборе содержимого контейнеров попеременно выполнялся ряд операций: сканирование содержимого с помощью системы «Гамма-пионер», дробление бетона, извлечение камней и бетонного боя, измерение и сортировка извлечённых РАО в зависимости от класса их активности. Для обнаружения наиболее активных фрагментов ТРО (в нашем случае ими были облучённые стержни СУЗ) использовалась система «Гамма-пионер». При обследовании на экран управляющего компьютера выводилось изображение обследуемого участка с видеокамеры, значения мощностей доз, измеренных коллимированным и «открытым» детекторами, а также спектр γ -излучения. Фрагменты ТРО, представляющие интерес, извлекались из контейнера при помощи ножниц робота Brokk-160 с целью определения их нуклидного состава, а также измерения создаваемой ими мощности дозы γ -излучения. По результатам измерений проводилась сортировка РАО.

Найденные фрагменты ТРО с подтверждённым содержанием радионуклида ^{152}Eu , упаковывались в защитный контейнер К-150. Всего в результате работ в здании 19 были найдены и упакованы в контейнер К-150 23 фрагмента стержней СУЗ суммарной активностью $3.55 \cdot 10^{12}$ Бк. Значения оценок активностей радионуклидов ^{152}Eu , ^{154}Eu , ^{60}Co и ^{137}Cs , содержащихся в упакованных фрагментах стержней СУЗ, представлены в таблице 1.

Таблица 1

Значения оценок активностей радионуклидов ^{152}Eu , ^{154}Eu , ^{60}Co и ^{137}Cs , содержащихся в упакованных фрагментах стержней СУЗ

$A(^{152}\text{Eu})$, Бк	$A(^{154}\text{Eu})$, Бк	$A(^{60}\text{Co})$, Бк	$A(^{137}\text{Cs})$, Бк	A_{Σ} , Бк
$3.17 \cdot 10^{12}$	$3.57 \cdot 10^{11}$	$2.25 \cdot 10^{10}$	0.00	$3.55 \cdot 10^{12}$

Выполнение работ на площадке ПВХТРО. Согласно данным КИРО, значительный вклад в ухудшение радиационной обстановки на ПВХТРО вносили три бетонных контейнера, в которых хранились наиболее активные фрагменты ВАО. Предварительное спектрометрическое обследование контейнеров показало наличие ^{152}Eu в их содержимом и дало основание предполагать, что внутри контейнеров присутствуют стержни СУЗ от реакторов АПЛ первого поколения. Основная цель работ на площадке заключалась в извлечении стержней СУЗ из этих контейнеров с последующей упаковкой их в защитный транспортный контейнер.

Для компенсации высоты контейнеров и обеспечения полноценной работы роботов на площадке ПВХТРО был установлен специальный стапель с пандусом, на котором были размещены роботы (рис. 3а).



а

б

Рис. 3. а – размещение роботов на стапеле при обследовании контейнеров на ПВХТРО; б – содержимое бетонного контейнера БЕТ-2 – фрагменты термодпар и стержней СУЗ

Обследование бетонных контейнеров и сортировка их содержимого во многом схожи с аналогичными работами, проведёнными в здании 19. Всего из трёх бетонных контейнеров было извлечено и загружено в защитный контейнер К-150 22 фрагмента стержней СУЗ, суммарная активность которых составила $9.96 \cdot 10^{12}$ Бк. Результаты оценок активностей радионуклидов ^{152}Eu , ^{154}Eu , ^{60}Co и ^{137}Cs , содержащихся в упакованных фрагментах стержней СУЗ, представлены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты оценок активностей радионуклидов ^{152}Eu , ^{154}Eu , ^{60}Co и ^{137}Cs , содержащихся в упакованных фрагментах стержней СУЗ

$A(^{152}\text{Eu})$, Бк	$A(^{154}\text{Eu})$, Бк	$A(^{60}\text{Co})$, Бк	$A(^{137}\text{Cs})$, Бк	A_{Σ} , Бк
$8.83 \cdot 10^{12}$	$9.14 \cdot 10^{11}$	$2.16 \cdot 10^{10}$	0.00	$9.96 \cdot 10^{12}$

Заключение. Значительное улучшение радиационной обстановки в хранилищах отделения Гремиха СЗЦ «СевРао» является основным результатом проведённых работ. Этого эффекта удалось достичь при помощи дистанционной сортировки РАО с последующим удалением ВАО из хранилищ. Всего было извлечено и упаковано в защитные контейнеры К-150 45 высокоактивных фрагментов стержней СУЗ от

транспортных установок АПЛ первого поколения. Оба защитных контейнера К-150 упакованы в транспортные контейнеры УКТ1А-6К9 и подготовлены к отправке на долговременное хранение в РЦ КДХ РАО в губе Сайда.

Другим важным результатом является успешное применение обновлённой радиометрической системы «Гамма-пионер», которая показала свою эффективность в работах радиационного обследования в условиях высокого уровня радиоактивного загрязнения. Подобные задачи нередко возникают при обследовании хранилищ РАО и ОЯТ, при аварийных и нештатных ситуациях с высокоактивными источниками γ -излучения, а также в работах по выводу из эксплуатации ядерных установок.

Стоит отметить, что применение систем и механизмов для дистанционного выполнения радиационно-опасных работ позволило значительно снизить дозовую нагрузку на персонал.

Благодарности. Авторы благодарны сотрудникам Курчатовского института, участвовавшим в подготовке и проведении экспедиции в г. Островной, а также коллективу Гремихи за помощь при выполнении работ.

Список литературы:

1. Понаморёв-Степной Н.Н. Экологическая реабилитация ПВХ ОЯТ и РАО в губе Червяная / Н.Н. Понаморёв-Степной, Б.С. Степеннов, В.Н. Коваленко // Безопасность Окружающей Среды, 2008. - No. 1. - С. 90-96.
2. Иванов К.Е. Дистанционное измерение мощности дозы излучения на площадке временного хранения твёрдых радиоактивных отходов / Иванов К.Е., Понаморёв-Степной Н.Н., Степеннов Б.С. и др. // Атомная энергия. - 2008. - Том 105. - No. 2. - С. 103-107.
3. Горбачев А. Гремиха: состояние, проблемы и предложения / Горбачев А., Пиллетт-Кузен Л., Пантелеев В.Н. и др. // Комплексная утилизация АПЛ. - <http://nuclear-submarine-decommissioning.ru/node/682>
4. <http://ritec.lv/uspec.html>

APPLICATION OF REMOTE METHODS FOR THE REHABILITATION OF RW AND SNF STORAGE IN THE TERRITORY OF THE FORMER COASTAL TECHNICAL BASE IN OSTROVNOY

A.M. Safronov; A.S. Danilovich; S.V. Smirnov

National Research Center «Kurchatov Institute», Moscow, 123182, Russia,

e-mail: afrosnov@yandex.ru

Abstract

The article discusses the results of the next stage of work on the rehabilitation of the territory of the former coastal technical base in the closed city of Ostrovnoy. According to the results of preliminary surveys, containers in which there were high-level wastes containing ^{152}Eu were found in two storage facilities of the facility. These wastes were fragments of rods of the control and protection system from nuclear reactors of the first generation nuclear submarines. The purpose of the work was to conduct a search, characterization and packaging in protective containers of these fragments of rods for subsequent transportation to the point of long-term storage.

To ensure the radiation safety of personnel, all operations with high-level waste were performed remotely using robots Brokk-160 and Brokk-90 and a video system. To solve the problem of searching for rod fragments among other radioactive waste, the Kurchatov Institute developed and manufactured the Gamma-Pioneer spectrometric system, which is attached to the arm of the robot Brokk-90.

The article describes the remote implementation of rehabilitation work in two radioactive waste repositories. Estimates of the activity of the main nuclides in the found wastes are given.

ПОСТРАДИАЦИОННАЯ ЛАЗЕРНАЯ АБЛЯЦИЯ ГАММА-ОБЛУЧЕННОГО ПОЛИВИНИЛОВОГО СПИРТА И ПОЛИЭТИЛЕНА

К.Д. Семавин¹; С.Р. Аллаяров²; И.А. Фролов²; О.Н. Голодков².

¹Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
Москва, 119991, Россия, e-mail: kirillsemain55@yandex.ru

²Институт проблем химической физики Российской академии наук,
Московская обл., Черноголовка, 142432, Россия, e-mail: sadush@icp.ac.ru

Результаты исследований по влиянию гамма – радиации на лазерную абляцию политетрафторэтилена [1,2] и поликетонов [3] показали, что эффективность воздействия лазера в режиме абляции на монолитную мишень из этих полимеров заметно повышается после их радиолитиза. В то же время в гамма – облученном поливинилиденфториде скорость лазерной абляции резко падает [4]. Таким образом, обнаружена возможность управления процессом лазерной абляции путем предварительного гамма – облучения, а также возможность получения новых типов лазерных модификаторов и повышения устойчивости полимерных материалов к лазеру. Отсутствие информации по поведению других полимеров в абляционном режиме и полное отсутствие данных по влиянию на этот процесс излучений высокой энергии не позволяет широко использовать такой способ воздействия ионизирующего излучения на лазерную абляцию. В настоящей работе проведено сравнительное исследование влияния гамма – облучения на кинетику и механизм лазерной абляции поливинилового спирта (ПВС) и полиэтилена (ПЭ)

В качестве объектов исследования использованы порошки промышленных полимеров ПЭ и ПВС. Эксперименты по абляции проводились на вакуумной установке. Для ввода излучения в камеру использовалось окно из NaCl. Вакуумная камера откачивалась до давления не более 2 мПа, после чего на мишень из полимеров подавалось излучение CO₂ лазера ЛГН-703 мощностью около 40 Вт. Продукты газонакапельной абляции конденсировались на алюминиевой фольге, установленной на расстоянии 5 см от зоны падения лазерного луча. Радиолитиз полимеров гамма -лучами ⁶⁰Со проводили на установке УНУ “Гамма-100” ИПХФ РАН. Мощность дозы γ – облучения 15 кГр/час.

При воздействии лазерного луча происходит разогрев поверхностного слоя полимера, начинается его расплавление и вытравливание с формированием характерного микрорельефа (кратера). Кратер и расплав вокруг него имеют слегка желтый цвет, т.е. в исследованных полимерах под лучом лазера не происходит заметной карбонизации и, в основном наблюдается деструкция основной цепи. Начальная скорость лазерной абляции зависит от типа полимера: для ПЭ она почти на порядок ниже, чем для ПВС (рис.1).

С увеличением времени лазерного облучения скорость абляции ПЭ растет незначительно. Как видно, ПЭ является лазеро – устойчивыми. В ПВС обнаруживается эффект снижения (трехкратного) скорости абляции при удлинении времени облучения лазером (рис.1, кривая 2). Выяснения природы возникновения лазеро - устойчивого слоя в процессе лазерной абляции ПВС является предметом дальнейших исследований.

Влияние дозы γ – облучения на скорость лазерной абляции полимеров приведено на рис.2. В исследованных полимерах после γ – облучения наблюдается повышение скорости лазерной абляции.

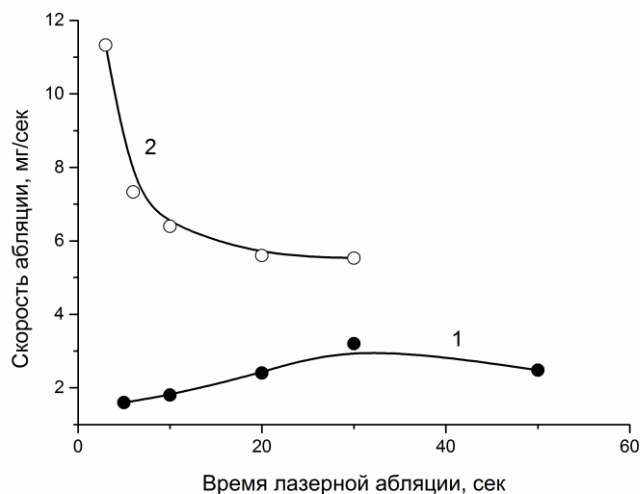


Рис.1. Зависимость скорости потери массы ПЭ (1) и ПВХ (2) от времени облучения лазером.

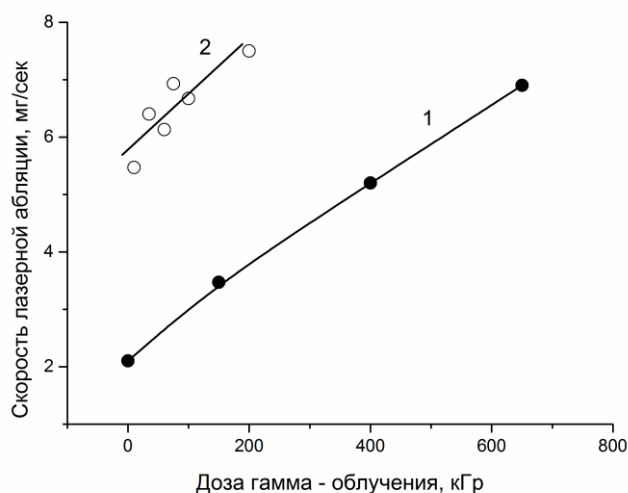


Рис.2. Зависимость средней (за 25 сек.) скорости лазерной абляции ПЭ (1) и ПВХ (2) от дозы предварительного γ -облучения

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы:

- Исследовано влияние гамма – радиации на кинетику лазерной абляции ПЭ и ПВХ. Наличие гидроксильной группы в макромолекуле ПВХ способствует ее быстрой деструкции под лазером. Поэтому, начальная скорость лазерной абляции ПВХ на порядок выше, чем при абляции ПЭ. Обнаружен эффект трехкратного снижения скорости абляции ПВХ при удлинении времени облучения лазером.

- Низкая скорость деструкции цепи свидетельствует об устойчивости ПЭ к ИК – лазеру и гамма – радиации. Перспективно использовать такие полимеры в изделиях, подвергающихся облучению γ -лучами или ИК – лазером.

- Гамма-радиолиз может использоваться для ускорения лазерной абляции ПЭ, обладающего низкой скоростью лазерной абляции без предварительного γ – облучения. После γ -облучения повышается скорость его лазерной абляции. Видимо, это связано с вхождением кислорода воздуха в состав радиолитованного ПЭ.

- Трансформация энергии инфракрасного излучения лазера реализуется непосредственно через возбуждение тепловых колебаний, т.е., деструкция цепи полимеров связана с их термическим распадом. При достаточной величине плотности поглощенной полимером мощности происходит отщепление боковых атомов и/или групп и дробление макромолекул полимера на фрагменты цепи. Многие образующиеся продукты не удерживаются на кратере, отрываются и уносятся газовым потоком

в окружающее пространство. Попадая на поверхности, помещённые на пути потока, они образуют лазерные модификаты полимеров, например, парафиноподный слой при абляции ПЭ. Манипулируя условиями гамма-облучения и лазерной обработки, можно оптимизировать процесс лазерной абляции и получить лазерные модификаты с заданными свойствами.

Работа выполнена при поддержке темы № 0089-2019-0008 Государственного задания.

Список литературы:

1. Ольхов Ю.А. Влияние непрерывного излучения CO₂ - лазера на термические и молекулярно-топологические свойства политетрафторэтилена / Ю.А. Ольхов, С.Р. Аллаяров, Е.М. Толстопятов, П.Н. Гракович, Л.А. Калинин, Ю.А. Добровольский, Д.А. Диксон // *Химия высоких энергий*. - 2010.- Т.44.- С. 65-76
2. Толстопятов Е.М. Радиолит термопластичных полимеров. Влияние предварительного гамма - облучения на образование и свойства лазерномодифицированного аналога политетрафторэтилена. / Е.М. Толстопятов, С.Р. Аллаяров, П.Н. Гракович, Ю.А. Ольхов, Л.А. Калинин // *Пластмассы*. -2012. - № 6.-С.13-23.
3. Голодков О.Н. Влияние гамма – облучения на лазерную абляцию поликетона. / О.Н. Голодков, Ю.А. Ольхов, С.Р. Аллаяров, П.Н. Гракович, Г.П. Белов, Л.Ф. Иванов, Л.А. Калинин, Д.А. Диксон // *Химия высоких энергий*. -2013. -Т.47.- С.171-177.
4. Allayarov S. R. Kinetic features of the laser ablation of gamma – irradiated polyvinylidene fluoride / S. R. Allayarov, L. A. Kalinin, E. M. Tolstopyatov, P. N. Grakovich, L. F. Ivanov, D. A. Dixon. // *Journal of Russian Laser Research*, 2017, V.38, p. 364-368.

**POSTRADIATION LASER ABLATION OF GAMMA-IRRADIATED
POLYVINYL ALCOHOL AND POLYETHYLENE**

K.D. Semavin¹, S.R. Allayarov², I.A. Frolov², O.N Golodkov²

¹*Lomonosov Moscow State University, Faculty of Fundamental Physical and Chemical Engineering, Moscow, 119991, Russia, e-mail: kirillsemavin55@yandex.ru*

²*Institute of Problems of Chemical Physics, Russian Academy of Sciences, Moscow Region, Chernogolovka, 142432, Russia, e-mail: sadush@icp.ac.ru*

Abstract

The effect of the combined effect of the gamma irradiation and IR laser on the laser ablation (LA) rate of the polyethylene (PE) and the polyvinyl alcohol (PVA) is investigated. The initial rate of LA of PVA is almost an order of magnitude higher than that in PE. The effect of a threefold decrease of the PVA ablation rate is observed at prolongation of the laser irradiation time. It is possible that the presence of a hydroxyl group in the composition of PVA is the cause of its high rate laser ablation. After γ - irradiation in the presence of air is observed increasing of the rate of LA of the both polymers. Apparently, during gamma radiolysis at presence of atmospheric oxygen carries out the radiation - chemical processes with the formation of hydroxyl and other functional groups contributing to increasing of the rate of LA of the polymers. Thus it was found that the gamma radiolysis can be used to accelerate the LA of PE and PVA. In the ablation torch of the polymers are carried along various products with the gas flow, which set to the surface outside of the laser radiation zone and form various types of laser modifiers, in particular, nanostructured powders and cluster formations in the form of a “coating”. The chemical composition of the coating is similar to the original polymers.

УДК 621.039

НЕЗАВИСИМАЯ ПРОВЕРКА ГЛАВ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ОТЧЕТА ПО ОБОСНОВАНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ АЭС «ХАНХИКВИ-1» И ТЕМАТИЧЕСКИХ ОТЧЕТОВ, ПОСВЯЩЕННЫХ ВОПРОСАМ РАДИАЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ

С.В. Семеновых

ООО «УорлиПарсонс Энерджи Сервисез», г. Москва, 125047, Россия

e-mail: semenovykhsv@mail.ru

В настоящее время Госкорпорация «Росатом» осуществляет масштабное сооружение энергоблоков АЭС за рубежом [1].

Одной из наиболее важных составляющих процесса получения в национальных надзорных органах лицензии на сооружение АЭС, является независимая проверка документов, которые входят в состав Заявки для получения лицензии.

Данный вид анализа документов, обосновывающих безопасность, предусмотрен публикацией МАГАТЭ «Оценка безопасности установок и деятельности. Общие требования по безопасности. Часть 4 (Рев.1)» (Требование 21. Независимая проверка) [2]: «Эксплуатирующая организация должна проводить независимую проверку оценки безопасности до начала ее использования эксплуатирующей организацией или до представления регулирующему органу».

Независимая проверка главы «Радиационная защита» [3], раздела «Радиационное воздействие на персонал АЭС при авариях» главы «Анализ переходных режимов и аварий» [4] ПООБ АЭС «Ханхикви-1» и тематических отчетов «Оценка дозозатрат персонала» [5], «Расчет радиационной защиты» [6], «Анализ радиационной безопасности при авариях» [7] проводилась ООО «УорлиПарсонс Энерджи Сервисез» в 2016 – 2017 гг. в рамках договора на оказание консультационных услуг по разработке документов интегрированной системы управления АО «РАОС Проект» и независимой оценке (проверке) лицензионных документов для получения Fennovoima Oy [8] лицензии на сооружение АЭС «Ханхикви-1».

В соответствии с Инструкциями по независимой проверке лицензионных документов, разработанными ООО «УорлиПарсонс Энерджи Сервисез», были составлены перечни требований руководящих документов YVL [9] надзорного органа по ядерной и радиационной безопасности STUK Финляндской Республики (далее – STUK), которые должны были учитываться при разработке рассматриваемых лицензионных документов. Наряду с требованиями YVL при анализе глав ПООБ и тематических отчетов рассматривались требования EPC - контракта на инжиниринг, поставку оборудования и сооружение АЭС «Ханхикви-1», требования нормативных документов законодательства Финляндии [10-13], а также требования документов МАГАТЭ, МКРЗ, МКРЕ [14-18] и документа комиссии по ядерному регулированию США NRC RG 1.70 [19].

При анализе лицензионных документов также осуществлялась их проверка на правильность цитирования источников информации, полноту представления исходных данных и результатов расчетов, оцениваемых с позиции возможности проведения проверочных расчетов. По результатам проверки документов были подготовлены и направлены Заказчику отчеты, в которых содержались подробные комментарии по выявленным несоответствиям и предложения по их устранению.

Ниже приведены отдельные примеры комментариев к текстам рассмотренных лицензионных документов, условно разделенные на 5 групп.

*1 группа комментариев - Не учтены требования нормативных документов
Требования нормативных документов, подлежащие учету:*

– применение принципа ALARA при проектировании АЭС в отношении ограничения выбросов радионуклидов в окружающую среду и облучения населения [11, 20];

– приемочные критерии радиационной защиты должны учитывать дозовые пределы, установленные для населения [11];

– должны быть приведены значения пределов дозы для населения при нормальных условиях эксплуатации и отклонениях от нормальных условий эксплуатации [11];

– должны быть приведены предельные значения доз для населения при различных классах (вероятностях) аварий, а также требования по ограничению выбросов радионуклидов, установленные для тяжелых аварий [11];

– необходимо привести дозовые критерии зонирования (отнесение к зоне наблюдения и контролируемой зоне) территории и помещений АЭС [21];

– размещение и конструкция оборудования, требующего технического обслуживания, должны учитывать реализацию принципа ALARA в отношении радиационной защиты персонала [22];

– необходимо описать порядок введения и осуществления индивидуального дозиметрического контроля для персонала [21];

– порядок осуществления и регистрации результатов радиационного мониторинга в различных зонах, включая контроль мощностей доз нейтронного излучения [23], отбор проб и их лабораторный анализ, методики выполнения измерений [21, 24];

– необходимо описать модели источников ионизирующего излучения и биологической защиты вокруг них, использовавшиеся при проведении расчетов параметров биологической защиты [25];

– следует описать особенности проектирования маршрутов перемещения грузов и движения персонала в контролируемой зоне для минимизации доз облучения персонала при нормальной эксплуатации и авариях [25];

– при проектировании необходимо предусмотреть создание мест, в которых мощность дозы внешнего облучения была бы небольшой даже во время аварии [25].

2 группа комментариев – «Недостаточное для обоснования безопасности и осуществления проверочных расчетов содержание разделов»

При описании методов и результатов расчетов биологической защиты следует указать, какие физические, операционные и (или) нормируемые величины (эффективная доза, эквивалентные дозы на органы и ткани) рассчитывались, и с помощью каких коэффициентов осуществляется переход от плотностей потоков фотонов (нейтронов) к эффективной дозе (эквивалентным дозам на органы и ткани или амбиентному эквиваленту дозы). Например (если это действительно так), следует отметить, что для расчета мощностей эффективных доз использовались коэффициенты 74 Публикации МКРЗ (57 Публикации МКРЕ) для передне-задней геометрии [18]. Представление в документах результатов дозиметрических расчетов в виде значений «мощности эквивалентной дозы», «мощности эквивалентной дозы на все тело», «эквивалента мощности дозы» или «мощности дозы», исключает корректное проведение проверочных расчетов.

Необходимо указать расчетные коды, с помощью которых определялись все составляющие мощностей доз, в том числе отраженное излучение при прохождении излучения через проходки и отверстия в защите и т.д. [24, 25].

Следует указать основные подходы, методы, методики, рекомендации, руководства по радиационному контролю и расчетам доз, которые будут использоваться для соблюдения принципа ALARA в отношении радиационной защиты персонала, населения и ограничения выбросов в окружающую среду [19].

Описание исходных данных для дозиметрических расчетов (характеристики источников ионизирующего излучения, параметры биологической защиты, местоположение расчетных точек, высота и скорость выброса радионуклидов, состояние ат-

мосферы, скорость и распределение ветра по направлениям, дисперсия и т.д.) и полученных результатов (объемные активности радионуклидов в воздухе, мощности дозы гамма-излучения, дозы внешнего и внутреннего облучения персонала) должно быть достаточным для проведения проверочных расчетов [25].

3 группа комментариев – «Отсутствие (или неточное указание) ссылок на источники информации»

Необходимо указать ссылки на документы, обосновывающие необходимый объем радиационного контроля, методики расчета мощностей доз и доз внешнего облучения, методики расчета доз внутреннего облучения.

4 группа комментариев – «Неточное использование терминологии»

К данной группе отнесены комментарии, касающиеся неточного использования терминологии, прежде всего названий нормируемых (физических, операционных) дозиметрических величин, в текстах, где приводится информация о дозиметрических величинах, которые рассчитываются, контролируются (измеряются) и результатах расчетов. В качестве примера следует отметить необходимость указания в текстах документов:

– нормируемой дозиметрической величины (эффективной дозы) при описании приемлемого критерия эффективности радиационной защиты при авариях («предела облучения 50 мЗв»);

– операционной дозиметрической величины (мощность амбиентного эквивалента дозы) [14, 23], о которой должна идти речь при описании диапазонов измерения стационарных приборов (устройств детектирования) и носимых приборов для контроля мощности дозы гамма-излучения (нейтронов);

– физической дозиметрической величины (мощность поглощенной дозы гамма-излучения в воздухе), при указании диапазона измерения стационарных устройств детектирования, применяемых при аварийном радиационном контроле в контейнменте [23];

– операционных дозиметрических величин (индивидуальные эквиваленты дозы $H_p(10)$, $H_p(3)$, $H_p(0,07)$, мощность индивидуального эквивалента дозы $H_p(10)$ [21]), которые измеряются индивидуальными дозиметрами.

5 группа комментариев – «Несогласованный текст»

К данной группе были отнесены комментарии, относящиеся к текстам, в которых имеется несоответствие текста с фактическим состоянием дел, или, когда информация в одной части раздела противоречит информации в его другой части.

Заключение. Комментарии, подготовленные в ходе независимой проверки лицензионных документов АЭС «Ханхикиви-1», отражающие неточности использования терминологии и несогласованность текста, так же, как и комментарии об отсутствии ссылок на источники информации наиболее просты для учета при доработке лицензионных документов.

Корректировка недостаточного для обоснования безопасности содержания разделов лицензионных документов наиболее трудоемка, особенно если потребуется проведение дополнительных расчетов, однако это необходимо сделать для упрощения понимания текстов документов (результатов расчетов), и обеспечения исходными данными, необходимыми для проведения проверочных расчетов.

Отсутствие в рассмотренных документах учета отдельных требований нормативных документов Финляндской Республики может быть объяснено различиями в нормативных документах Российской Федерации и Финляндской Республики. Но это не относится ко всем неучтенным требованиям, поскольку значительная часть требований нормативных документов обеих стран одинакова, поскольку основана на 60 Публикации МКРЗ [17] и международных Основных нормах безопасности [26].

Различия в требованиях нормативных документов Российской Федерации и Финляндской Республики безусловно проявляются в отношении терминологии, ис-

пользуемой в рассмотренных документах при представлении расчетных значений дозиметрических величин и описании технических характеристик средств радиационного контроля (стационарные приборы, носимые приборы, индивидуальные дозиметры). Данное обстоятельство дополнительно подтверждает актуальность совершенствования российской системы стандартов в области приборов радиационного контроля и радиационной безопасности для реализации экспортных поставок АЭС, отмеченную в решении семинара Госкорпорации «Росатом» по радиационной безопасности [27]. Практика независимого рассмотрения лицензионных документов, показывает, что гармонизация российских нормативных документов с международными документами актуальна и применительно к обоснованию безопасности АЭС, сооружаемых по российским технологиям за рубежом.

В заключение следует отметить, что вышеприведенные комментарии относятся к тексту рассмотренных лицензионных документов, в той стадии готовности, которая была на момент их представления для независимой проверки, и ни в коей мере не умаляют достоинств проекта АЭС «Ханхикиви-1» в целом.

Список литературы:

1. Строящиеся АЭС. URL: <http://www.rosatom.ru/production/design/stroyashchiesya-aes/>.
2. Оценка безопасности установок и деятельности. № GSR part 4 (rev. 1). МАГАТЭ. Вена. – 2016. - 46 с.
3. АЭС «Ханхикиви-1». Предварительный отчет по обоснованию безопасности. Глава 12 «Радиационная защита», FH1.B.P000.1.12.000.HE.0001.R, Ред. от 30.11.2015, АО «Атомпроект», 2015.
4. АЭС «Ханхикиви-1». Предварительный отчет по обоснованию безопасности. Глава 15 «Анализ переходных режимов и аварий» (15.8 Радиологические последствия. 15.8.5 Радиационное воздействие на персонал АЭС при авариях), FH1.B.P000.1.150805.075.HE.0001.R, Изм.1 от 16.11.2016, АО «Атомпроект», 2016.
5. АЭС «Ханхикиви-1». Тематический отчет «Оценка дозозатрат персонала», FH1.B.P000.1.074.HC.0001.R, Ред. 1 от 16.11.2016, АО «Атомпроект», 2016.
6. АЭС «Ханхикиви-1». Тематический отчет «Расчет радиационной защиты», FH1.B.P000.1.074.HC.0002.R, Ред. 1 от 16.11.2016, АО «Атомпроект», 2016.
7. АЭС «Ханхикиви-1». Тематический отчет «Анализ радиационной безопасности при авариях», FH1.B.P000.1.075.HC.0001.R, Ред. 1 от 16.11.2016, АО «Атомпроект», 2016.
8. Story of Fennovoima. URL: <https://www.fennovoima.fi/en>.
9. Regulatory Guides on nuclear safety and security (YVL). URL: <https://www.stuk.fi/web/en/regulations/stuk-s-regulatory-guides/regulatory-guides-on-nuclear-safety-yvl>.
10. Government Decree on the Safety of Disposal of Nuclear Waste (736/2008). URL: <http://www.finlex.fi/en/laki/kaannokset/2008/en20080736.pdf>.
11. Government Decree on the Safety of Nuclear Power Plants (717/2013). URL: <http://www.finlex.fi/en/laki/kaannokset/2013/en20130717>.
12. Radiation Decree (1512/1991) issued by virtue of the Radiation Act (592/1991). URL: <https://www.stuklex.fi/en/ls/19911512>.
13. Radiation Act 27.3.1991/592. URL: <https://www.stuklex.fi/en/ls/19910592>.
14. Assessment of Occupational Exposure Due to External Sources of Radiation, Safety Standards Series, Safety Guide No. RS-G-1.3, IAEA, 1999.
15. Assessment of occupational exposure due to intakes of radionuclides, Safety Standards Series, Safety Guide No. RS-G-1.2, IAEA, 1999.

16. ICRP Publication 103. Recommendations of the ICRP. Annals of the ICRP, v. 37/2-4, 2007.
17. Рекомендации международной комиссии по радиологической защите 1990 года. Публикация 60, часть 1. М.: Энергоатомиздат, 1994.
18. International Commission on Radiological Protection, International Commission on Radiation Units and Measurements, Conversion Coefficients for Use in Radiological Protection Against External Radiation, Report of the Joint Task Group, ICRP Publication No. 74, ICRU Report No. 57, Pergamon Press, Oxford and New York, 1997.
19. Regulatory Guide 1.70 (NRC RG 1.70). Standard Format and Content of Safety Analyses Reports for Nuclear Power Plants. LWR Edition. Revision 3, November, 1978.
20. YVL C.3 Limitation and monitoring of radioactive releases from a nuclear facility, Helsinki, 2013.
21. YVL C.2 Radiation protection and exposure monitoring of nuclear facility workers, Helsinki, 2014.
22. YVL B.1 Safety design of a nuclear power plant, Helsinki, 2013.
23. YVL C.6 Radiation monitoring at a nuclear facility, Helsinki, 2013.
24. YVL A.9 Regular reporting on the operation of a nuclear facility, Helsinki, 2014.
25. YVL C.1 Structural radiation safety at a nuclear facility, Helsinki, 2013.
26. International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources, Safety Series No. 115, IAEA, Vienna, 1996.
27. Б.М. Гаврилов, К. Нурлыбаев, Ю.Н. Мартынюк. Решение семинара ГК «Росатом» по радиационной безопасности о международных стандартах // АНРИ.2018 № 4 (95). С 82-89.

INDEPENDENT VERIFICATION OF THE CHAPTERS OF THE PRELIMINARY SAFETY ANALYSIS REPORT OF THE HANHIKIVI 1 NPP AND THEMATIC REPORTS DEDICATED TO RADIATION PROTECTION

S.V. Semenovych

WorleyParsons Energy Services LLC, Moscow, 125047, Russia

e-mail: semenovykhsv@mail.ru

Abstract

The timeliness of obtaining licenses for the construction of nuclear power plants depends on the quality of the preparation of a package of licensing documents. The process of preparing the licensing documents provides for their independent verification by qualified experts.

The article presents the methodology and results of the independent verification of Hanhikivi 1 NPP license documents performed by WorleyParsons Energy Services LLC in 2016-2017, which should be used in the preparation and verification of license documents during the construction of NPPs abroad.

УДК 581.14.522.5(470.21)

МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ КУСТАРНИЧКОВ В ГРАДИЕНТЕ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА КОЛЬСКОМ СЕВЕРЕ

Л.Н. Серeda^{1,2}

¹Полярно-альпийский ботанический сад-институт, г. Апатиты, 184209, Россия

²Лаборатория биомедицинских технологий Арктики ФИЦ КНЦ РАН, г. Апатиты, 184209, Россия, e-mail: sundukpandory87@mail.ru

В предыдущей работе [1] мы установили характер взаимоотношений между изменчивостью продолжительности фенофаз, размеров (площади) листьев и содержания пигментов у травянистых растений и кустарничков в градиенте техногенного загрязнения, свидетельствующий о компенсаторном принципе взаимодействии структур разных (мембранного и органного) уровней организации в процессе адаптации растений к этим условиям. Полученные результаты дают основание предполагать, что этот принцип распространяется не только на показатели физиологического возраста, связанные с особенностями пигментного состава, но находит отражение и на более высоком - органном – уровне структурной иерархии, т.е. в морфологических особенностях листьев.

Кроме малых размеров, распространенным ювенильным признаком является вытянутость листовой пластинки, которая уменьшается с увеличением физиологического возраста. При этом и размеры листьев, как правило, также уменьшаются, что можно оценивать, как морфологическое омоложение. Для выяснения характера взаимоотношений между этими признаками в процессе адаптации к промышленному загрязнению был проведен анализ изменчивости их усредненных по трем (2012, 2017 и 2018) годам значений в исследованном ранее [1] его градиенте. При этом, как и на предыдущем этапе работы, оценивались и абсолютные величины морфологических параметров, и вариабельность их по каждой точке используемого градиента. Эти зависимости рассматривались отдельно по каждому из двух наиболее токсичных компонентов загрязнения – Cu^{2+} и Ni^{2+} - для растений черники и брусники.

Эффекты Cu^{2+}

Черника

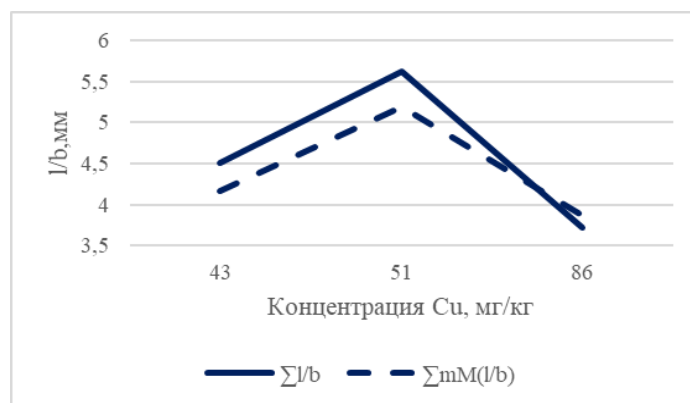


Рис. 1. Изменчивость формы листьев черники в градиенте загрязнения медью. $\Sigma l/b$ – усредненная величина отношения длины листьев к их ширине, ΣS – усредненная величина площади листьев. $\Sigma mM(l/b)$ – усредненная величина среднего квадратичного отклонения. Уровень загрязнения Cu^{2+} выражен в содержании металла (мг) в 1 кг почвы под растениями.

Как следует из рис. 1., максимальное удлинение листьев черники, равно как и уровень изменчивости этой характеристики за три года наблюдались при средних уровнях загрязнения (51 мг/кг).

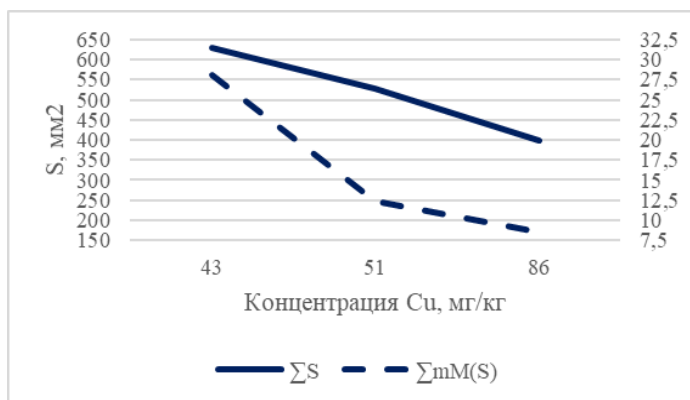


Рис. 2. Изменчивость площади листьев черники в градиенте загрязнения медью. ΣS – усредненная величина площади в мм^2 , $\Sigma mM(S)$ – квадратичного отклонения. Условные обозначения те же, что на рис. 1.

Судя по рис. 2., площадь листьев черники в целом снижалась с ростом концентрации меди в почве, однако при средней концентрации 51 мг/г на кривой уровня изменчивости этого показателя наблюдалась слабо выраженная точки перегиба.

Брусника

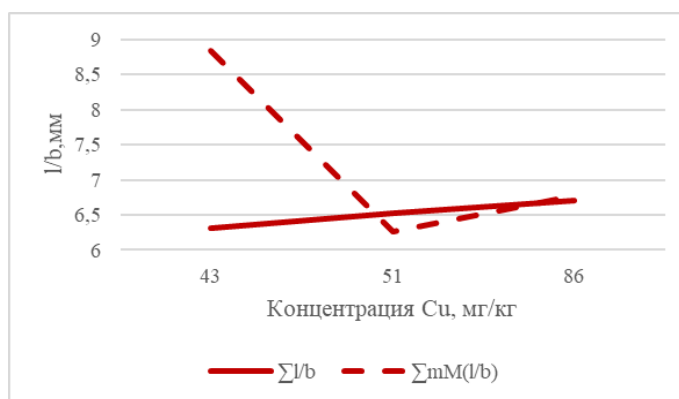


Рис. 3. Изменения формы листьев брусники в градиенте загрязнения медью. Условные обозначения те же, что на рис. 1.

Судя по рис. 3., форма листьев растений брусники практически не зависела от величины техногенной нагрузки, а уровень изменчивости исследуемого показателя был минимальным при среднем уровне загрязнения (51 мг/кг).

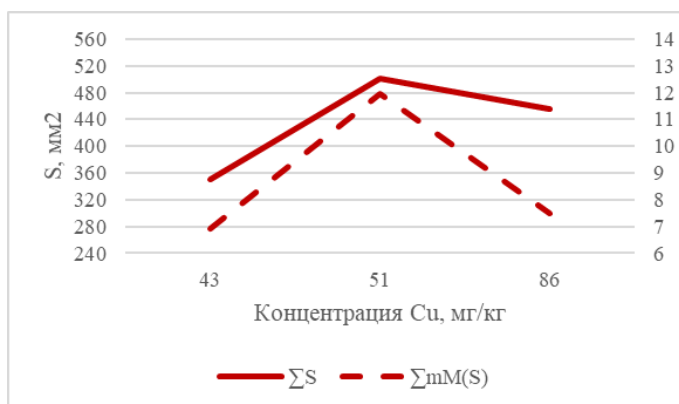


Рис. 4. Изменения формы листьев брусники в градиенте загрязнения медью. Условные обозначения те же, что на рис. 1.

Из рис. 4. следует, что, как и в случае формы листьев в черники (рис. 1.), максимальные значения данного показателя и степени его изменчивости были зарегистрированы при среднем уровне, 51 мг/кг, загрязнения Cu^{2+} .

Эффекты Ni²⁺

Черника

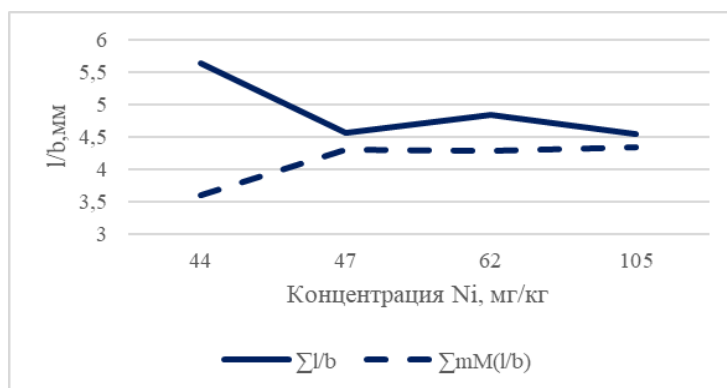


Рис. 5. Изменчивость формы листьев черники в градиенте загрязнения никелем. Условные обозначения те же, что на рис. 1.

Как видно (рис. 5.), удлиненность листьев черники заметно снижается при относительно небольшом (44 → 47 мг/кг) росте концентрации никеля, а при более высоком содержании практически от него не зависит. Кривая зависимости варибельности этого показателя от концентрации зеркально отражает предыдущую.

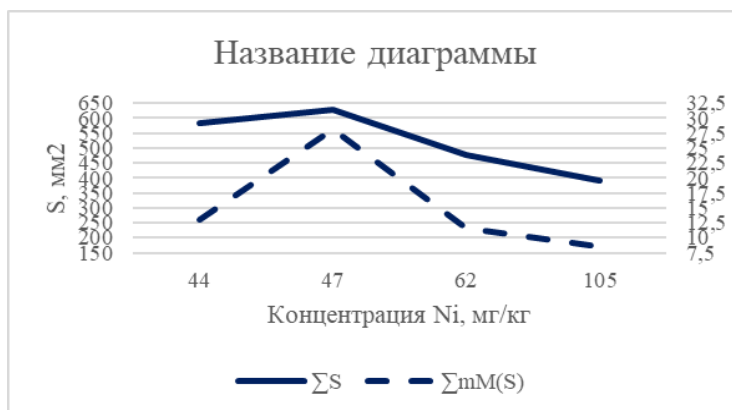


Рис. 6. Изменчивость площади листьев черники в градиенте загрязнения никелем. Условные обозначения те же, что на рис. 1.

Как видно (рис. 6.), концентрация Ni 47 мг/кг является точкой перегиба как для абсолютных значений S, так и для ее варибельности: в обоих случаях до нее оба показателя заметно растут, после чего снижаются.

Брусника

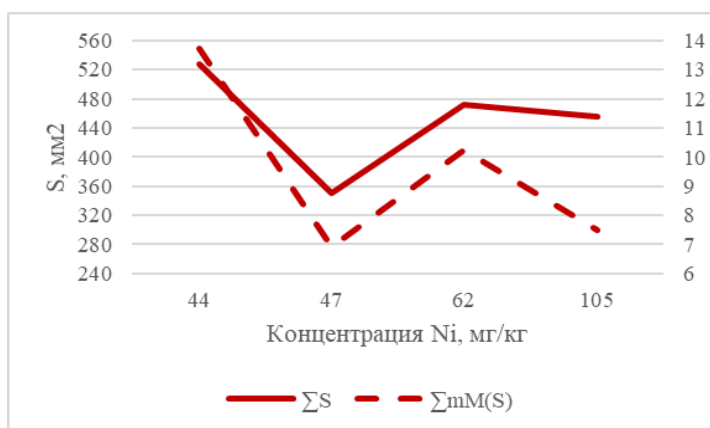


Рис. 7. Изменения формы листьев брусники в градиенте загрязнения никелем. Условные обозначения те же, что на рис. 1.

На рис. 7. видно, что удлиненность листьев брусники равномерно и незначительно возрастает с увеличением концентрации никеля в почве, в то время как на кривой вариабельности этого показателя наблюдаются два явно выраженных экстремума – максимум при 47, и минимум – при 62 мг/кг никеля в почве.

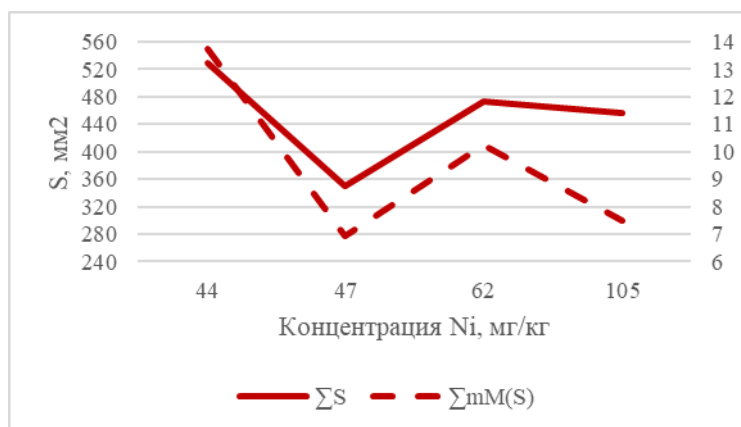


Рис. 8. Изменения площади листьев брусники в градиенте загрязнения никелем. Условные обозначения те же, что на рис. 1.

Как следует из рис. 8., обе кривые имеют практически сходную форму с локальными минимумами при 47, и максимумами – при 62 мг/кг никеля в почве.

Сравнивая поведение кривых зависимости морфологических параметров от содержания в почве меди, построенных для черники и брусники, можно отметить определенную симметрию: у первой кривые 1/b сходны по форме с кривым S второй, и наоборот: форма S черники напоминает 1/b брусники. Признаки обратной симметрии наблюдались и в эффектах загрязнения никелем, но были отмечены в основном только для абсолютных значений 1/b и S.

Поскольку листья черники в северных условиях живут только в течение одного летнего сезона, а у брусники они перезимовывают, сохраняя функциональное состояние хотя бы в течение одной следующей вегетации, очевидно, что физиологический возраст первых ниже, чем вторых. Увеличение площади и удлиненности листьев свидетельствуют о его снижении.

Судя по своеобразной, обратно-симметричной, форме сходства между зависимостями этих показателей от величины техногенного загрязнения, можно думать, что появление ювенильных признаков на иерархически более высоком (органном) уровне способно задерживать развитие процессов старения на уровне мембран растительной клетки, которое, как известно, активируется в присутствии металлов переменной валентности. В связи с этим логично предположить, что обнаруженные различия между растениями черники и брусники являются по существу возраст-зависимыми различиями. Обсуждение этих данных вместе с результатами более подробных исследований биохимических аспектов проблемы на следующем этапе работы позволит проверить справедливость этого предположения.

Список литературы:

1. Середа Л.Н., В.К. Жиров, Мартынов Е.В. Возрастная изменчивость адаптивных реакций кустарничков к загрязнению солями меди в условиях Заполярья // Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2018. С. 1068-1072.

**BLUEBERRY AND COWBERRY MORPHOLOGICAL FEATURES DIVERSITY
UNDER INDUSTRIAL POLLUTION IMPACT IN THE KOLA PENINSULA**

L.N. Sereda^{1,2}

¹*Polar Alpine Botanical Garden & Institute, Apatity, 184209, Russia*

²*Laboratory of biomedical technologies of the Arctic of the Kola Sci. Centre,
Apatity, 184209, Russia, e-mail: sundukpandory87@mail.ru*

Abstract

Morphological study of leaves of blackberry and blueberry plants growing under heavy metals pollution has shown that increase of Ni concentration up to threshold level of 62 mg/1 kg of dry soil stipulates leaves area reduction and their elongation accompanied with increase of pigments concentration.

**О ПРОБЛЕМАХ ОХРАНЫ ИСТОЧНИКОВ НЕЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО
ВОДОСНАБЖЕНИЯ В ПРЕДЕЛАХ ГОРОДСКОЙ ТЕРРИТОРИИ
СЕВАСТОПОЛЬСКОГО РЕГИОНА**

Г.А. Сигора¹; Т.В. Ляшко²; Т.Ю. Хоменко³

ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,

г. Севастополь, 299053, Российская Федерация,

e-mail: ¹sigora1@yandex.ru, ²tatyana.lyashko.00@mail.ru, ³tamara_homenko93@mail.ru

Обеспечение населения питьевой водой высокого качества – один из приоритетов в любом государстве. Вопрос охраны источников нецентрализованного водоснабжения для Севастопольского региона стоит особенно остро в последнее время. Отчасти проблема сохранения всех источников связана с большой площадью территории города, которая составляет 863,6 квадратных километров [1].

Недостаточная охрана источников приводит к ухудшению качества воды. Это отчетливо прослеживается на подземных источниках: родниках, скважинах.

Очевидно, что проблемы охраны самих родников напрямую влияют на качество воды. Одним из наиболее ярких примеров является загрязнение воды нитрат-ионами.

Накопление органики приводит к загрязнению воды нитрат-ионами и другими соединениями азота. В ходе процесса нитрификации органические соединения переходят в форму нитратов, которые являются основным источником азота для питания растений. На кафедре «Техносферная безопасность» Севастопольского государственного университета с 2013 года ведутся исследования родниковых вод на содержание нитрат-ионов, результаты которых представлены в различных публикациях, например в [2]. Полученные результаты только по показателю содержания нитрат-ионов свидетельствуют о непригодности использования такой воды в питьевых целях. Нормы ПДК в двух наиболее крупных источниках в пределах городской черты – родниках на территории природного парка «Максимова дача» и в балке Сарандинакина – превышены почти в 3,5 раза [2].

Норма нитратов составляет 45 мг/л в соответствии с [3], а в исследуемых родниках средние показатели за 6 лет исследований (с 2013 по 2019 годы) равны 154 мг/л на «Максимовой даче» и 112 мг/л в балке Сарандинакина. Наблюдается устойчивая тенденция к повышению концентрации нитрат-ионов [2]. В данном случае к числу основных загрязнителей относятся несанкционированные свалки. На рис. 1 приведена фотография, сделанная неподалеку от родника в балке Сарандинакина. Такая гора мусора – одна из немногих, расположенных в понижении рельефа данной балки.



Рис. 1. Мусор неподалеку от выхода родника в балке Сарандинакина

К основным проблемам охраны источников нецентрализованного водоснабжения относятся:

–наличие твердого коммунального мусора на водосборной территории и вблизи выхода родниковой воды на поверхность;

–почти повсеместное отсутствие каптажа – комплекса сооружений, инженерно-технических и иных мероприятий по выводу подземных вод на поверхность. Зачастую все обустройство представлено металлической трубой, из которой вытекает вода. Труба может быть несоответствующего качества – полуразрушенной, покрытой слоем ржавчины, минеральных отложений и даже быть забитой мусором.

–даже в обустроенных родниках не осуществляется ремонт, не проводится чистка дренажной системы, что приводит к затруднению тока воды и застойным процессам (см. рис 2,3). На рис. 2 и 3 можно наблюдать затопление организованного выхода Сарандинаковского родника. Вода дошла до уровня ступеней и превышала уровень более чем на 1 метр. Под водой даже частично оказался аншлаг с описанием состава родниковой воды.

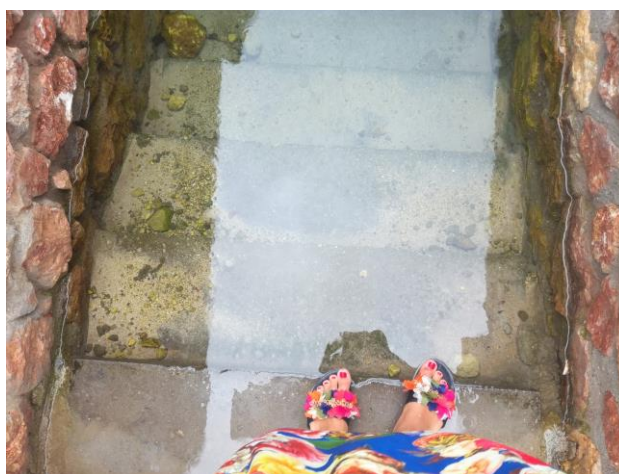


Рис. 2. Затопленные ступени организованного выхода Сарандинаковского родника



Рис. 3. Затопленный аншлаг и труба организованного выхода Сарандинаковского родника

Родники, находящиеся в пределах городских и в густонаселенных сельских районах, должны быть оснащены каптажем. Такая система одинаково эффективна для нисходящих (безнапорных) и восходящих (напорных) родников. Из первых забор воды должен осуществляться через отверстие в стене каптажной камеры, из вторых – через ее дно.

Каптажная камера осуществляет основную функцию защиты источника от загрязнителей и механических повреждений, например, в результате обвала подмываемой породой. Каптажная камера, изготовленная по всем правилам, имеет

сложное строение: должна присутствовать горловина с люком и крышкой, водозаборные и переливные трубы, трубы для опорожнения, вентиляционные трубы. В общем виде конструкция выглядит наподобие павильона или будки. Территория вокруг каптажа должна быть огорожена.

При этом важна своевременная очистка самой каптажной камеры от отложений. Для этого система оборудуется дверьми и люками достаточного размера, чтобы служить для свободного прохода обслуживающего персонала родника. Горловина каптажной камеры должна быть утеплена и возвышаться над поверхностью земли не менее, чем 0,8 метров. Для защиты конструкции от затопления поверхностными водами (это особенно актуально для балок и оврагов), необходимо оборудование отмостками из кирпича, бетона или асфальта с уклоном в сторону водоотводной канавы.

В целях предохранения камеры от заноса частицами породы устанавливается обратный фильтр со стороны потока воды, а для освобождения жидкости от взвеси каптажную камеру разделяют переливной стенкой на два отделения: для отстаивания и забора осветленной воды соответственно.

В малозаселенных районах среди лесов и ущелий напротив, строительство каптажей излишне и даже нежелательно, поскольку нарушает естественное состояние источника и портит эстетический вид. Это особенно актуально для малодобитных родников, которые являются истоком мелких ручьев.

Все без исключения родники должны быть оборудованы аншлагами – щитами с информацией о химическом и микробиологическом составе воды. Аншлаги могут иметь вид как табличек, размещаемых на стене каптажа, так и установленных щитов на ножках вблизи родников. Второй вариант более предпочтителен для лесных массивов: такие таблички также могут содержать информацию предупредительного или агитационного характера, посвященную защите природы.

Желательно, чтобы аншлаги имели антивандальное исполнение: были изготовлены из двухслойного пластика, металла (стали, бронзы, алюминия, латуни), надписи должны быть сделаны методом лазерной гравировки или механической фрезеровки. Желательно применение антивандальных потайных шурупов, балок, укрепленных ножек.

Охрана любых природных объектов, в том числе подземных источников, невозможна без комплексного и планомерного экологического воспитания, начиная с детского сада. Так, основным решением в вопросе охраны родников является организация субботников и привлечение школьников, студентов, волонтеров и граждан с активной позицией для уборки территории вблизи выхода подземных источников.

В рамках проекта «Наставник» проводится исследование более 50 родников на территории Севастопольского региона. Оценке подлежат такие показатели: дебит, вкус, запах, цветность, мутность, общая минерализация, общая жесткость, перманганатная окисляемость, анионоактивные ПАВ, фенольный индекс, железо (Fe, суммарно), кадмий (Cd, суммарно), медь (Cu, суммарно), мышьяк (As, суммарно), никель (Ni, суммарно), нитраты (по NO₃-), нитриты (по NO₂-), свинец (Pb, суммарно), фториды (F⁻).

Выполнение проекта подразумевает активное участие школьников в пробоотборе во время выездов к родникам, уборку, если необходимо, мусора вокруг родников, участие в создании интерактивной карты родников и выступление с докладами на конференциях.

Таким образом, основными решениями проблем охраны родников в пределах городской территории Севастопольского региона можно назвать:

- строительство каптажей для особо посещаемых источников;
- установку аншлагов;

–привлечение общественности для уборки территории вокруг родников в случае, если не справляются специальные службы;

–экологическое воспитание подрастающего поколения с раннего возраста.

Исследование выполнено при поддержке РФФИ и г. Севастополя в рамках научного проекта №18-35-50004.

Список литературы:

1. Севастополь в цифрах 2014: Стат.сб./Севастопольстат. – Севастополь, 2015. – 74 с. – с. 10.
2. Сигора Г.А., Ляшко Т. В., Хоменко Т.Ю., Ничкова Л.А. Динамика загрязненности нитрат-ионами родников города Севастополя // Системы контроля окружающей среды. 2018. № 14 (34).
3. Санитарные правила "Гигиенические требования к качеству воды не-централизованного водоснабжения. Санитарная охрана источников. СанПиН 2.1.4.1175-02". - 2002. - 17 с.

**ABOUT THE PROBLEMS OF THE PROTECTION OF SOURCES OF
DECENTRALIZED WATER SUPPLY IN THE URBAN AREA
OF SEVASTOPOL REGION**

G.A. Sigora¹, T.V. Lyashko², T.Y. Khomenko³

*Sevastopol State University, Sevastopol, 299053, Russian Federation,
e-mail: ¹sigora1@yandex.ru, ²tatyana.lyashko.00@mail.ru, ³tamara_homenko93@mail.ru*

Abstract

The article describes the main problems of protecting sources of decentralized water supply within the urban area of the Sevastopol region. Effective measures are proposed to solve these problems. The main causes of the deterioration of water quality in the springs under study in the framework of the "Mentor" project are identified. Special attention is paid to the environmental education of the younger generation.

УДК 504.064

ОПТИМИЗАЦИЯ МОНИТОРИНГА ЗАГРЯЗНЕННОСТИ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА НА ТЕРРИТОРИИ Г.СЕВАСТОПОЛЯ

Г.А. Сигора¹; Л.А. Ничкова²

^{1,2}ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,
г. Севастополь, 299053, Российская Федерация,
e-mail: ¹sigora1@yandex.ru, ²nichkova@sevsu.ru

Степень загрязнения атмосферного воздуха относится к числу приоритетных факторов риска для здоровья, связанных с окружающей средой. Чем ниже уровни загрязнения воздуха, тем лучше сердечно-сосудистое и респираторное здоровье населения как в длительной, так и в краткосрочной перспективе.

Из «Ежегодного доклада о состоянии и об охране окружающей среды города Севастополя за 2017 год» [1] следует, что уровень загрязнения атмосферы города Севастополя формируется в зависимости от химического состава, технологических параметров источников выбросов загрязняющих веществ, выбросов автотранспорта и их распределения на территории города, природных условий, а также режима метеорологических величин и явлений.

Основными источниками загрязнения атмосферного воздуха города Севастополя являются объекты теплоэнергетического комплекса и автотранспорт. По данным Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по городу Севастополю (Севастопольстат) в 2017 г. выброс загрязняющих веществ в атмосферный воздух от автотранспорта составил 23,2 тыс. тонн, из них 17,9 тыс. тонн приходится на оксид углерода. Суммарные выбросы загрязняющих веществ от стационарных источников в атмосферный воздух на территории города Севастополя составили 5,377 тыс. тонн. Значительный вклад в загрязнение атмосферного воздуха внесли выбросы вредных (загрязняющих) веществ с тела полигона твердых бытовых отходов, расположенного в Первомайской балке Балаклавского муниципального округа, и от источников теплоэнергетического комплекса [1].

Во множестве исследований показано, что в современных городах основным загрязнителем природной среды является атмосферный воздух, качество которого влияет на уровень заболеваемости населения болезнями органов дыхания, сердечно-сосудистыми, онкологическими заболеваниями, а также болезнями органов пищеварения. Поэтому необходимо осуществлять постоянный контроль за качеством воздушной среды.

Законодательство Российской Федерации в области охраны атмосферного воздуха основывается на Конституции Российской Федерации и состоит из Федеральных законов от 10.01.2002 №7-ФЗ «Об охране окружающей среды» и от 04.05.1999 №96-ФЗ "Об охране атмосферного воздуха" и принимаемых в соответствии с ним других федеральных законов и иных нормативных правовых актов Российской Федерации, а также законов и иных нормативных правовых актов субъектов Российской Федерации. Оценка состояния и загрязнения атмосферного воздуха проводится в соответствии с действующими нормативными документами (РД 52.04.186-89 «Руководство по контролю качества воздуха, РД 52.04.667-2005 «Документы о состоянии загрязнения атмосферы в городах для информирования государственных органов, общественности и населения. Общие требования к разработке, построению, изложению и содержанию»). Источниками воздействия на среду обитания и здоровье человека являются объекты, для которых уровни создаваемого загрязнения за пределами промышленной площадки превышают 0,1 ПДК и/или ПДУ.

Согласно РД 52.04.186-89 «Число стационарных постов определяется в зависимости от численности населения в городе, площади населенного пункта, рельефа местности и степени индустриализации, рассредоточенности мест отдыха. В зависимости от численности населения устанавливается: 1 пост - до 50 тыс. жителей; 2 поста - 50-100 тыс. жителей; 2-3 поста - 100-200 тыс. жителей; 3-5 постов - 200-500 тыс. жителей; 5-10 постов - более 500 тыс. жителей; 10-20 постов (стационарных и маршрутных) - более 1 млн. жителей. Количество постов может быть увеличено в условиях сложного рельефа местности, при наличии большого количества источников загрязнения, а также при наличии на данной территории объектов, для которых чистота воздуха имеет первостепенное значение (например, уникальных парков, исторических сооружений и др.)».

В г. Севастополе по официальным данным численность населения составляет на 1 января 2019 года 443 211 человек. Город является курортным и туристическим, имеет много исторических сооружений, поэтому число стационарных постов должно быть не менее пяти. В настоящее время существуют 2 поста – на Павловском мысу и ул. Коммунистическая, д.10.

По федеральным требованиям в атмосферном воздухе необходимо контролировать четыре группы веществ:

1. Основные вещества: общие взвешенные вещества (пыль), диоксид азота, оксид углерода, диоксид серы. Наблюдения за концентрациями данных веществ являются обязательными во всех городах. В г. Севастополе эти наблюдения ведутся на двух постах.

2. Специфические вещества: аммиак, бенз(а)пирен, бензол, сероуглерод, сероводород, фенол, формальдегид, фторид водорода и другие ароматические углеводороды. В нашем городе ведутся только на одном посту.

3. Тяжелые металлы кадмий, никель, ртуть, свинец. Ведутся на одном посту.

4. Озон и мелкие взвешенные частицы.

Организовывать наблюдения за концентрациями данных веществ также необходимо. В г. Севастополе наблюдения не проводятся.

Самым неблагоприятным районом городской застройки по содержанию загрязняющих веществ в атмосферном воздухе является Ленинский район, далее по убыванию содержания следует Гагаринский и за ним Нахимовский районы. Самым благополучным районом является Балаклавский.

В ежегодном докладе [1] сказано, что на автомагистралях г. Севастополя в 4-х контрольных точках (ул. Героев Севастополя, ул. Менжинского, ул. Гоголя, ул. Вакуленчука) проводились регулярные ежеквартальные наблюдения за основными фоновыми показателями: углерода оксид, диоксид азота, взвешенные вещества. Общее количество исследований на автомагистралях в 2017 году составило 48, превышений ПДК не выявлено (в 2016 г. - 72 исследования, превышений ПДК не выявлено). Непонятно, в какое время суток брались замеры воздуха, весьма сомнительно, что в часы пик на магистралях концентрации диоксида азота не превышены. Следует отметить, что в центре города наблюдения не велись вообще, также не оценивались концентрации диоксида серы.

В 2018 году ООО "НПО "Русдата" по заказу Главного управления природных ресурсов и экологии города Севастополя (Севприроднадзор) представило научные обоснования по формированию территориальной системы наблюдения за состоянием атмосферного воздуха города Севастополя.

В отчете предлагается создать в г. Севастополе 4 стационарных поста и один передвижной. Далее цитата из отчета (стр.54).

Рекомендуемое расположение постов контроля. На основе анализа метеорологических, климатических, природно-ландшафтных характеристик местности г. Севастополя, обработки данных по выбросам ЗВ от стационарных и

передвижных источников, с учетом их имитационного пространственного моделирования в ГИС, руководствуясь методическими рекомендациями РД 52.04.186-89 получены результаты расположения АСКЗА:

- 1-й пост в жилом районе;
- 2-й пост на территории подверженной влиянию смешанных антропогенных источников;
- 3-й пост в непосредственной близости от скопления загруженных автомагистралей;
- 4-й пост - региональный в совх. Севастопольский в направлении возможного рассеивания ЗВ на территорию побережья.
- передвижной пост (1 ед.)

Расположение постов показано в таблице 1. Следует учесть основные требования, предъявляемые к месту установки стационарного поста: место не должно быть защищено от продувания, не в низине, не на горе, желательно ровная площадка на земле, не на крыше домов или свай.

Таблица 1

Места расположения стационарных постов по рекомендации
ООО "НПО "Русдата"

Пост – 1 (Городской) Центральная часть города в районе улиц Инженерная Балка, Доронина, Грибоедова, Седова	Пост – 2 (Подфакельный) в районе улиц Будищева, Багрия, Ревякина, Углицкая.
Пост – 3 (Автомобильный) в районе улиц Руднева, Симферопольская, Джанкойская, Мелитопольская	Пост 4 (Региональный) – Приграничная территория на территории свх. Севастопольский (поселок Сахарная головка)

Конец цитаты из отчета.

Не понятно, почему Северная сторона города Севастополя названа центральной частью города. Вероятно, более актуальным является размещение поста действительно в центральной части города – улицы Б. Морская, пл. Восставших и т.п. **Основания:** высокая транспортная нагрузка; зона 1-й городской больницы (пл. Восставших) – зона длительного пребывания большого числа людей с ослабленным здоровьем; среди постоянно проживающих высока доля людей старшего поколения.

Расположение поста № 1, по нашему мнению, требует дальнейшей проработки.

Пост №3 практически дублирует существующий пост на ул. Коммунистическая, 10. Если речь идет о новых постах, то, желательно также рассмотреть точнее месторасположение этого поста. Для оценки влияния автомагистралей необходимы предварительные экспериментальные исследования в зонах максимальной транспортной нагрузки не менее чем в течение года на улицах Гер. Севастополя, Вакуленчука, Л. Толстого, Ген. Петрова, Адм. Октябрьского, Б. Морская, пл. Восставших, пр. Острякова, ПОР, пр. Победы и некоторых др. Возможно потребуются несколько мини-станций мониторинга загрязнения воздуха автотранспортом.

По поводу расположения двух других постов замечаний нет.

При обсуждении загрязненности атмосферного воздуха декларируется отсутствие (за редким исключением) превышения ПДК.

В настоящее время для оценки качества атмосферного воздуха, полученные концентрации загрязняющих веществ (в мг/м³ или мкг/м³) сравнивают с предельно допустимыми концентрациями. Средняя концентрация за месяц загрязняющего вещества сравнивается со среднесуточной ПДК (ПДК_{с.с.}), наибольшая разовая

концентрация – с максимальной разовой ПДК (ПДК_{м.р.}). Мы считаем, что данная практика не отражает реальной ситуации. Например.

Взвешенные вещества ПДК максимально-разовая – 0,5 мг/м³. ПДК среднесуточная – 0,15 мг/м³. В сентябре 2017 года загрязнение атмосферного воздуха в городе характеризуется превышением ПДК_{м.р.} по одному показателю – взвешенные вещества. Из 104 исследованных проб воздуха превышение ПДК_{м.р.} в 2-х случаях. Максимальная концентрация составила – 0,9 мг/м³. В двух случаях превысило максимально-разовую ПДК, а сколько раз среднесуточную? В сентябре как минимум два раза наблюдалось превышение в 5-6 раз среднесуточной концентрации. В открытом доступе нет информации о реальных результатах оценки концентраций, только в относительных долях от максимально-разовой ПДК.

В городе Севастополе отсутствуют явное разделение на такие зоны как - промышленные, спальные районы, районы с ограниченным движением автотранспорта, поэтому предлагается не дифференцировать посты по замерам определённых веществ. На каждом посту следует делать замеры по всем рекомендованным веществам.

Исходя из современных требований к мониторингу загрязнения воздуха в городах, опыта их реализации, например, в Москве, и имеющихся источников выделения загрязняющих веществ в Севастополе, считаем целесообразным проводить измерения концентраций следующих веществ (таблица 2).

Таблица 2

Список загрязняющих веществ, подлежащих контролю

№ п/п	Загрязняющее вещество
1.	Взвешенные частицы РМ 2,5
2.	Взвешенные частицы РМ 10
3.	Сумма взвешенных частиц TSP
4.	Метан
5.	Сумма углеводородов (код 0415)
6.	Озон
7.	Формальдегид
8.	Диоксид азота
9.	Оксид азота
10.	Сероводород
11.	Диоксид серы
12.	Оксид углерода
13.	Диоксид углерода
14.	Аммиак

Главное управление природных ресурсов и экологии города Севастополя (Севприроднадзор) объявило конкурс на оказание услуг по оценке загрязнения атмосферного воздуха города Севастополя стационарных и передвижных источников. Техническое задание составлено весьма компетентно и подробно. Однако, основное требование к исполнителю – это наличие действующей лицензии на осуществление деятельности в области гидрометеорологии, что резко снижает круг возможных участников конкурса. Но, согласно разъяснению Александра Зрелова, президента отделения Верховенства права и развития International Informatization Academy, к. ю. н. [2], «анализ современной правоприменительной практики позволяет сделать выводы об отсутствии необходимости обязательного получения лицензии на определение уровня загрязнения (включая радиоактивное) атмосферного воздуха, почв, водных объектов и околоземного космического

пространства в случаях, если целью выполняемых работ или оказываемых услуг является: ...проведение лабораторных исследований (постановление Пятнадцатого арбитражного апелляционного суда от 12 марта 2018 г. № 15АП-1575/2018 по делу № А53-34219/2017, постановление Пятнадцатого арбитражного апелляционного суда от 5 апреля 2017 г. № 15АП-3258/2017 по делу № А01-2244/2016); оказание услуг по разработке природоохранной документации и оказание консультативных услуг (включая проведение комплекса работ по инвентаризации источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферу; сопровождение согласования проекта работ, в уполномоченных на то государственных и иных органах и организациях; оказание консультативных услуг (в том числе юридического характера) в природоохранной области; координация деятельности в области экологии, оказание квалифицированного содействия по вопросам природопользования, контроль за соблюдением требований экологического законодательства и персональные консультации сотрудников) (решение Липецкого УФАС России от 13 декабря 2016 г. по делу № 332м/16)».

В связи с вышеизложенным мы считаем, что Севприроднадзор обязательно должен привлекать для консультаций и осуществления мониторинга окружающей среды вообще и атмосферного воздуха, в частности, ведущих ученых Севастопольского государственного университета.

Список литературы:

1. Официальный портал Севприроднадзор. Ежегодный доклад о состоянии и об охране окружающей среды города Севастополя за 2017 год. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ecosev.ru/ekologicheskoe-sostoyanie-sevastopolya/2121-prikaz-pr-298-ot-15-06-2018-ob-utverzhenii-ezhegodnogo-doklada-o-sostoyanii-i-ob-okhrane-okruzhayushchej-sredy-goroda-sevastopolya-2017-god>
2. Информационно-правовой портал ГАРАНТ.РУ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.garant.ru/ia/opinion/author/zrellov/1204503/>

**OPTIMIZATION OF MONITORING OF ATMOSPHERIC AIR POLLUTION
IN THE TERRITORY OF THE CITY OF SEVASTOPOL**

G.A. Sigora¹; L.A. Nichkova²

*Sevastopol State University", Sevastopol, 299053, Russian Federation,
e-mail: ¹sigora1@yandex.ru, ²nichkova@sevsu.ru*

Abstract

The article considers the relevance of the problem of studying the pollution of atmospheric air in the city of Sevastopol. It is revealed that modern monitoring of the quality of the air environment requires substantial study. The results of the analysis show that the discrepancy between the data presented by Sevprirrodnadzor in open access, the actual situation in the city, is due to the insufficient number of stationary posts. The report on the formation of the territorial system of monitoring the state of the atmospheric air of the city of Sevastopol, which is also subject to review, is analyzed.

УДК 551.5

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В ЭКОСИСТЕМАХ АРКТИЧЕСКОЙ ТУНДРЫ В ПРИБРЕЖНОЙ ПОЛОСЕ ЦЕНТРАЛЬНОЙ СИБИРИ

Н.В. Сиденко; А.В. Панов

*Институт леса им. В.Н.Сукачева СО РАН – обособленное подразделение
ФИЦ КНЦ СО РАН, г. Красноярск, 660036, Россия,
e-mail: institute_forest@ksc.krasn.ru*

В данной исследовательской работе представлен ретроспективный анализ метеорологических условий в прибрежной зоне Северного Ледовитого океана (СЛО) на территории Средней Сибири. Главным образом исследования сопряжены с плановыми измерениями концентраций парниковых газов ($\text{CO}_2/\text{CH}_4/\text{H}_2\text{O}$) в атмосфере прибрежной зоны СЛО, посредством высокоточного атмосферного мониторинга на арктической станции интеграционных наблюдений “DIKson Atmospheric Measurement Integration Station - DIAMIS”, расположенной в районе городского поселения Диксон ($73^\circ 33' \text{СШ}$; $80^\circ 34' \text{ВД}$), и базируются на калькуляции числовых значений основных метеорологических элементов, полученных в ходе непрерывных инструментальных наблюдений для 5-ти метеорологических станций (Рис.1) Северного управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Северное УГМС РФ). В частности, нами были рассмотрены многолетние (1934-2017 гг.) показатели температуры воздуха и количества атмосферных осадков, которые являются ключевыми параметрами, контролирующими бюджет углерода в прибрежной зоне акватории Карского моря (бассейна СЛО) на территории северной оконечности континентальной Сибири ($69 - 73^\circ \text{С.Ш}$; $66 - 82^\circ \text{В.Д}$). Так же нами проанализированы показатели относительной влажности воздуха, атмосферного давления воздуха, скорости и направления ветра, которые были полученные в ходе долгосрочных (2005-2017 гг.) метеорологических наблюдений на станциях, дислоцированных в районе исследований. Для обобщения данных был использован стандартный метод метеорологических наблюдений. Все полученные значения выражены в разрешенные усредненные среднесуточные интервалы величин для всех периодов наблюдений. Архивные базы данных метеорологических параметров были получены из доступных информационных ресурсов (www.noaa.gov; www.rp5.ru).

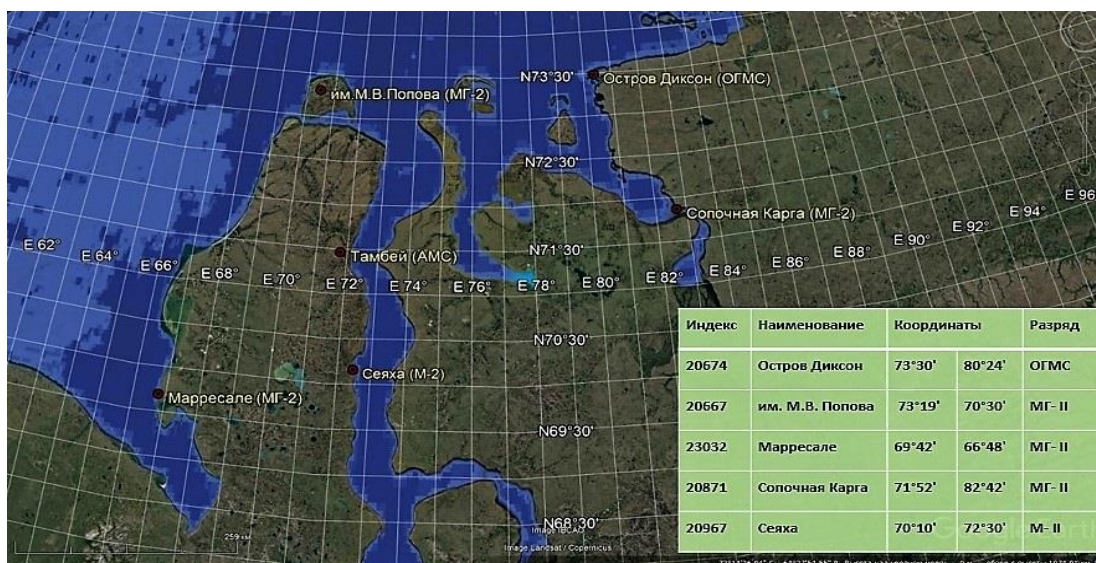


Рис. 1. Станций Северного УГМС.

Установлено, что среднегодовая температура воздуха, за весь период наблюдений (1934-2017) в районе исследования, составляет $-9,6^{\circ}\text{C}$, при климатической норме (1961-1990 гг.) $-10,4^{\circ}\text{C}$ (Рис. 2). Соответственно, разница приведенных выше показателей, составляющая $0,8^{\circ}\text{C}$, указывает на рост среднегодовых температур. Температура июля составляет $+7,55^{\circ}\text{C}$, а средняя температура января колеблется в районе $-23,8^{\circ}\text{C}$. Самой холодной точкой является о. Диксон $-10,97^{\circ}\text{C}$ (Табл. 1). В северной части исследуемого района наиболее высокие и наиболее низкие температуры воздуха наблюдаются не в центральные зимние и летние месяцы, а на месяц позже. Самыми холодными месяцами являются февраль $-24,9^{\circ}\text{C}$, а самым теплым – август $5,4^{\circ}\text{C}$.



Рис. 2. График хода среднегодовой температуры воздуха.

Количество атмосферных осадков, напрямую связано циклонической деятельностью в районе исследования и является характерной для типа климата, преобладающего в регионе. Климатическая норма (1961-1990 гг.) составила $300,5$ мм, что примерно на 7% превышает среднюю величины атмосферных осадков, несмотря на это наблюдается рост суммарного количества атмосферных осадков (Рис. 3). Среднегодовая величина количества атмосферных осадков составляет 280 мм, с неравномерным распределением по сезонам. Так максимум осадков в регионе наблюдается с июня по октябрь 129 мм, что в процентном отношении составляет, примерно, 46% от общего количества осадков. Минимум же наблюдается в период с февраля по май $68,7$ мм. Наибольшее количество атмосферных осадков наблюдается на станциях Диксон – $341,4$ мм., Сеяха - 317 мм (Табл. 1).

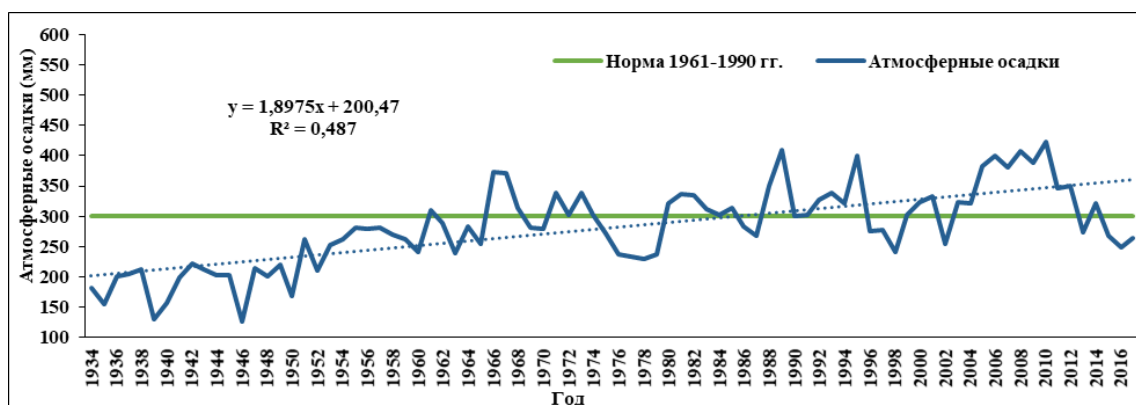


Рис. 3. График хода суммарного количества атмосферных осадков.

Атмосферное давление воздуха в районе исследования максимальных значений, достигает в период с ноября по март – $1010,2$ гПа (Рис. 4), когда на указанную территорию оказывает влияние господствующий над континентальной Сибирью Азиатский максимум, а над акваторией Карского моря с юго-запада на северо-восток про-

стирается область пониженного давления - ложбина Исландского минимума, благодаря которой, с ослаблением Сибирского максимума, в регион прорываются теплые Атлантические массы и нарастает циклоническая деятельность. Минимальные значения атмосферного давления отмечаются летне-осенний период 1007 гПа (Рис. 4).

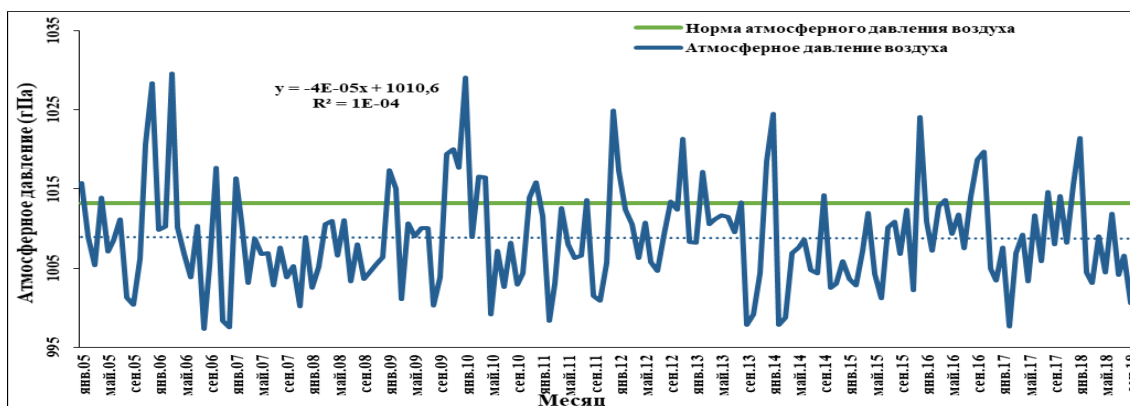


Рис. 4. График хода среднемесячных показателей атмосферного давления.

Среднегодовой показатель атмосферного давления воздуха составляет 1009 гПа (Табл. 1). В целом средняя величина показателей атмосферного давления воздуха, в районе исследования, близка к показателю уровня моря – 1013,25 гПа или 760 мм.рт.ст., что объясняется прибрежным положением станций метеорологических наблюдений.

Таблица 1

Климатические показатели

Климатические показатели	Маррессале	Сеяха	Им. М.В. Попова	Сопочная Карга	Диксон	
Среднегодовая температура воздуха, °С	-7,57	-9,47	-10,17	-9,24	-10,97	
Средняя температура воздуха июля и января, °С	Июль	+ 7,87	+ 8,31	+ 4,88	+ 11,39	+ 5,28
	Янв.	- 20,93	- 24,69	-23,23	- 25,37	- 25,04
Количество осадков, мм	281,8	317	224,9	259,47	341,4	
Среднегодовые значения атм. давления воздуха, гПа	1008	1009,3	1010,3	1011,8	1005,5	
Средние значения атм. давления июля и января, гПа	Июль	1007,7	1008,1	1010,7	1009,6	1004,7
	Янв.	1012	1014,2	1013,6	1018,3	1009,6
Среднегодовые значения относит. влажности воздуха, %	88,6%	85,5%	87,7%	82,2 %	86,2 %	
Преобладающее направление ветра	В, ЮВ, ЮЗ	СВ, Ю, ЗЮЗ	СВ, ЮВ, ЮЗ	СВ, В, Ю	СВ, Ю, ЮЮЗ	
Скорость ветра, м/с	6,1	5,8	5,5	6 м/с	5,9	

Показатели относительной влажности воздуха высоки, что связано полярным морским типом климата. Средняя величина составляет 86,3%, с явным уменьшением от западной к восточной части исследуемой территории (Табл. 1), что обусловлено влиянием воздушных масс, приносимых с Атлантики. Максимальные величины прослеживаются в два периода наблюдающей. Первый максимум приходится на начало

теплого сезона (май-июнь). В это время влажность воздуха составляет 88,7% (Рис. 5), с максимальными значениями на станциях о. Диксон – 91% и им. М.В. Попова – 93%. Второй пик показателей влажности воздуха приходится на осенний период – 89%. Минимум 81,8% отмечается в феврале, когда над континентальной Сибирью господствует антициклон (Рис. 5).

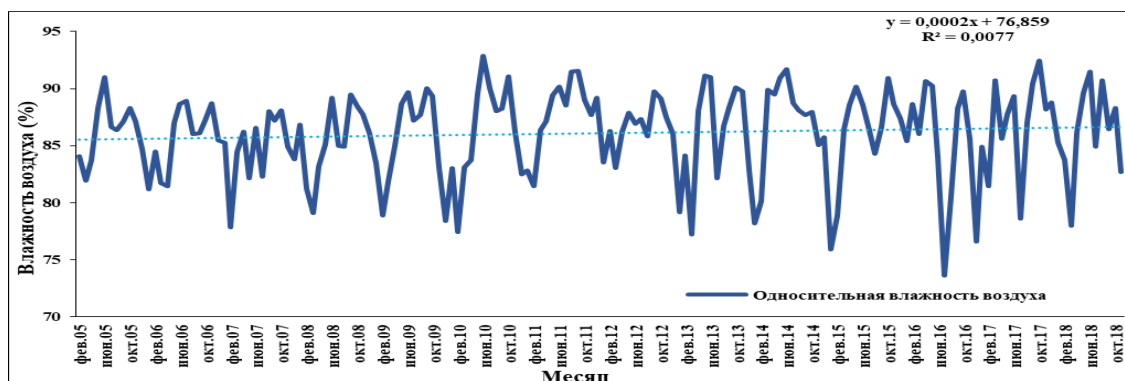


Рис. 5. График хода среднемесячных показателей влажности воздуха.

Преобладающее направление ветра (Табл. 1) южное, юго-восточное и северо-восточное, что обусловлено, влиянием преобладающих воздушных масс в регионе, а также спецификой ландшафтов и характерных для них ветров. Скорость ветра, в районе исследований составляет 5,9 м/с. Основное влияние, на формирование климатических условий в районе исследований, оказывает циркуляция атмосферы и связанное с ней сезонное распределение барических полей. В осенне-зимний преобладают ветры южных румбов (Рис. 6). Скорости ветра составляет 6-8 м/с. В весенний период, преобладают ветры, неустойчивых направлений. В теплый период на всей территории наблюдения преобладают ветры северных направлений (Рис. 6). Скорость ветра составляет 5-7 м/с.

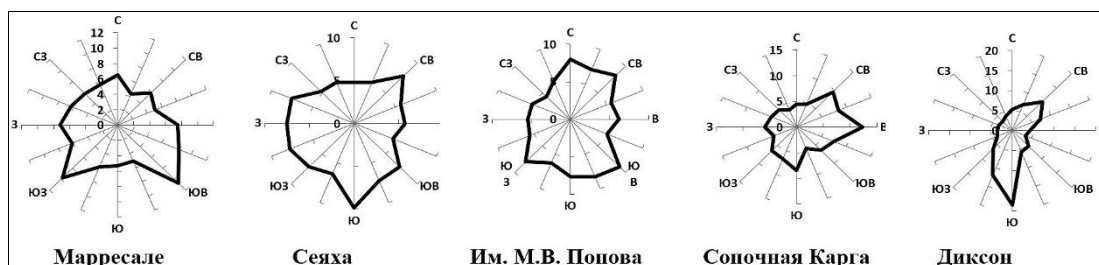


Рис. 6. Розы ветров.

Полученные инструментальные данные характеризуют состояние атмосферы и происходящих в ней процессов и позволяют оценить структурные закономерности метеорологических условий в районе исследований. Длительный анализ синоптических флуктуаций климата и окружающей среды арктической зоны, в дальнейшем, позволит выявить отклик данных условий на изменения концентраций CO₂ и CH₄ в атмосфере. Также результаты дынного исследования могут быть использованы для верификации модельных расчетов климатических изменений в Арктическом регионе.

Данная работа была выполнена при поддержке Российского Фонда Фундаментальных исследований, гранты № 18-05-00235 и № 18-45-243003.

**LONG-TERM DYNAMIC OF METEOROLOGICAL CONDITIONS IN THE ARCTIC
TUNDRA ECOSYSTEMS OF COASTAL AREA IN CENTRAL SIBERIA**

N.V. Sidenko; A.V. Panov

*V.N. Sukachev Institute of Forest SB RAS, Federal Research Center “Krasnoyarsk Science
Center SB RAS”, Krasnoyarsk, 660036, Russia, e-mail: institute_forest@ksc.krasn.ru*

Abstract

The retrospective analysis of climatic parameters and properties of atmospheric circulation in the coastal area of Arctic Ocean in Central Siberia was performed based on the 5 meteorological stations of Northern Department of Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring. The features and mechanisms of atmospheric circulation in study region were studied. Current patterns and trends in climatic parameters over the period of instrumental observations were analyzed.

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОРНИТОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В АЭРОПОРТАХ И НА ПТИЦЕФАБРИКАХ

О.Л. Силаева¹, Б.М. Звонов²

*Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН,
Москва, 119071, Российская Федерация,
e-mail: ¹silaeva.o@gmail.com, ²zvonovbm@gmail.com*

Столкновения авиационной техники с птицами наносят миллионные ущербы авиакомпаниям по всему миру. Появления птиц на аэродромах могут вызывать тяжёлые последствия, связанные не только с ремонтом и потерей дорогостоящего оборудования, но и с гибелью людей.

В настоящее время, как в нашей стране, так и в мире ситуация со столкновениями воздушных судов (ВС) с птицами усложняется, это связано с увеличением количества воздушных перевозок и возрастанием скоростей полётов. По данным Международной организации гражданской авиации (ИКАО) на каждые 2000 полётов приходится по одному инциденту. Но цифра эта очень занижена, так как по заявлению той же организации и по данным Федерального управления гражданской авиации США регистрируется только 20% случаев попадания птиц в воздушное судно.

В США в соответствие со статистикой Федерального управления гражданской авиации с 1990 по 2015 год было зарегистрировано 169.856 случаев столкновений: 166.276 с воздушными судами США и 3.580 столкновений с самолётами, зарегистрированными в других государствах [1].

По данным Федерального агентства воздушного транспорта (Росавиация) в России с 2004 по 2016 годы произошло 722 столкновения с животными, при этом 17 с млекопитающими, а остальные 705 – с птицами; среди этих случаев две катастрофы (29.07.2007 в районе аэропорта Домодедово и 25.05.2008 в районе аэродрома «Северка») и шесть аварий [2].

По данным Европейской базы по столкновениям птиц с ВС с 1980 по 2003 год в военной авиации произошло 40.640 столкновений [3].

При этом известно, что число столкновений значительно больше, так как случаи без повреждений ВС почти не регистрируются. Кроме того, обычно только в 3–5% случаев регистрируется вид участник инцидента.

Столкновения животных с воздушным судном (ВС) следует рассматривать как проявление биоповреждающей деятельности представителей фауны. Биоповреждения как результат жизнедеятельности животных возникают в результате столкновения жизненных интересов человека и животных. Основной задачей авиационной орнитологии как научно-технического направления является регулирование сложных отношений между человеком и животными.

Традиционные маршруты, по которым птицы мигрируют уже в течение многих лет, вдруг становятся летными коридорами для самолетов. Это значит, что при планировании аэродромов необходимо учитывать миграционные пути пернатых. Подавляющее большинство столкновений, около 70 – 80%, происходит на высотах до 100 метров, то есть на этапах взлёта (разбег, отрыв от земли, набор высоты), и посадки (касание и пробег). На высотах от 100 до 500 метров зарегистрировано около 35% столкновений. Именно на этих высотах располагаются коридоры сезонных миграций птиц, а также проходят суточные миграции, и на этих же высотах воздушные суда заходят на посадку и выполняют взлёт в зонах аэродромов.

Любой аэропорт является стихийным заповедником для животных. Мало посещаемые людьми территории привлекают птиц и других животных. Более тёплая по

сравнению с окружающей средой и освещённая взлётно-посадочная полоса предоставляет особенно хорошие возможности для кормёжки беспозвоночными, а также отличный обзор, позволяющий не стать жертвой других животных. В условиях аэропорта можно найти места для гнездования и отдыха, что привлекает как оседлых, так и пролётных птиц.

Численность птиц на территории аэродрома и вблизи него значительно возрастает в сезон миграций и размножения, в это время меняется и качественный состав популяции: появляются незнакомые с ситуацией в данном месте перелётные, а также молодые неопытные особи. Они не понимают, какую опасность представляют приближающиеся воздушные суда и как надо на них реагировать. Стаи необученных птиц представляют большую опасность для авиации, в особенности, для военной, поскольку тренировочные полеты проходят на низких высотах и на высоких скоростях, и птицы не успевают увернуться.

Управление поведением птиц подразумевает отвлечение наиболее опасных для авиации видов птиц от аэродрома, принуждение их искать другие места для пребывания и ни в коем случае не элиминацию особей. Мы должны учитывать и интересы птиц, хотя, конечно же, нельзя класть на одну чашу весов жизни животных и жизни людей. Однако при прочих равных условиях необходимо понимать, что некоторые проблемные для авиации виды являются редкими или уязвимыми, представляют эколого-экономическую ценность и могут стать невозполнимыми. Численность многих видов быстро сокращается в результате деятельности человека. Большинство видов птиц и других животных как звенья в цепи составляют биологическое разнообразие нашей орнитофауны и представляют ценные ресурсы. Вне ситуации аэродрома такие виды становятся полезными.

На территории России в настоящее время почти каждый десятый вид занесён в «Красную книгу». Среди птиц, которые могут встречаться в аэропортах, есть редкие виды с разным природоохранным статусом, включённые в Красную книгу РФ и в Красную книгу международного Союза охраны природы. И такие виды – наше национальное достояние.

Одним из шагов минимизации / предотвращения столкновений самолётов с птицами является идентификация таксона птицы виновника инцидента. Эти исследования были инициированы в России в 90-е годы прошлого столетия [4]. Методика идентификации вида после столкновения с воздушным судном коренным образом отличается от определения того же вида в природе, что требует специальных навыков орнитологов-экспертов – определение строится на результатах экспертизы одиночного пера или его фрагментов, поскольку из двигателя удаётся извлечь именно такие останки; одиночные перья обычно остаются и на обшивке ВС (рис. 1).

Лаборатория экологии и управления поведением птиц ИПЭЭ РАН является единственной в России, где проводятся идентификационные исследования по микроструктуре пера, в списке литературы приведен последний четвертый том из серии определителей по перу и его фрагментам [5].

Суть в том, что микроструктурные компоненты пера имеют постоянные характеристики для таксона. В первую очередь это элементы пухового луча: узлы и междоузлия, а также длина самого луча. Узлы могут быть хорошо развитыми или редуцированными, они имеют разную форму – круглую, треугольную, клювообразную, отличаются также по количеству и форме зубцов.

В Лаборатории разработана система диагностических признаков, в которую входят как микроструктурные, так и макроструктурные признаки. Здесь же в сотрудничестве с Кабинетом молекулярной диагностики ИПЭЭ РАН проводится идентификация вида после столкновения с ВС с использованием метода ДНК. Идентификация

перьевого бионта требует комплексного подхода. Морфологический и генетический методы используются параллельно и дополняют друг друга.

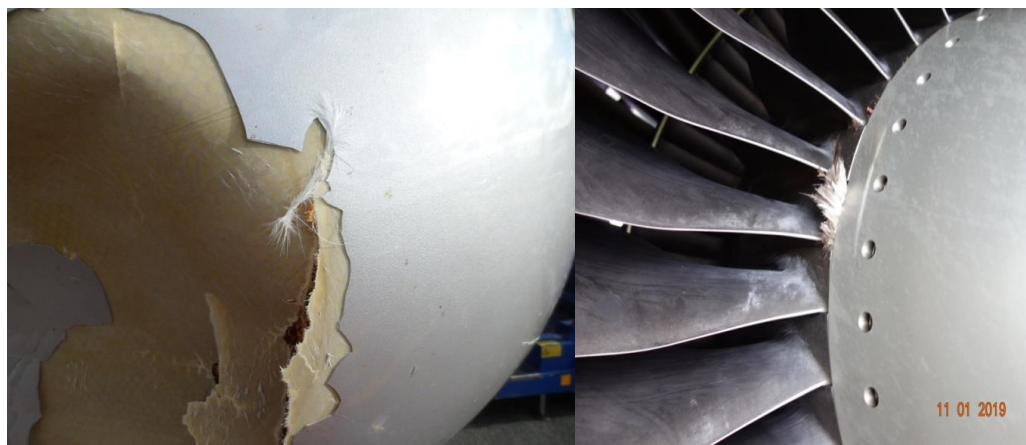


Рис. 1. Перья птиц на обшивке локатора и лопатках турбины двигателя

Опыт работы Лаборатории по определению таксона птицы на основе микро-архитектоники одиночного пера свидетельствует о целесообразности использования микроструктурных элементов в рамках системы диагностических признаков для работ по идентификации останков птиц после столкновений с ВС.

Изучение перьевых микроструктур имеет и фундаментальное значение, формируя новое направление систематики и филогенетических исследований с использованием данных по микро-архитектонике пера. Особенности структур перьев свидетельствуют не только об их таксономическом значении, но и о филогенетическом родстве разных таксонов, а также об индивидуальной, а возможно и популяционной изменчивости внутри таксономической группы. Новое направление в птилологии (морфологии перьев птиц) использует метод неклассической систематики.

В современную стратегию минимизации столкновений с птицами и другими животными входит создание геоинформационных систем безопасности полётов (ГИС БП) для каждого аэропорта. В ГИС БП входят данные обязательных для каждого аэропорта и регулярно проводящихся мониторинговых исследований территории аэропорта и прилегающей к нему зоны, постоянного мониторинга взлётно-посадочной полосы и рулевых дорожек. ГИС БП формируется и на основе сведений экспертиз с установленной видовой принадлежностью животного, виновного в столкновении.

В ГИС БП должны входить картосхемы передвижений птиц (миграции, кормовые перемещения) с учётом временных, сезонных и погодных факторов. Все эти сведения помогут выяснить орнитологическую обстановку в аэропорту и по пути следования ВС т.е. параметры риска и условия, с которыми может быть связано наибольшее число столкновений. Это позволит принять адекватные меры по управлению поведением животных и разработать средства управления их поведением в каждом конкретном аэропорту. Сейчас у нас в стране прилагаются значительные усилия по формированию национальной информационной системы по потенциально опасным для полётов авиации видам птиц. Общероссийские районированные базы данных и другие информационные системы имеют и общебиологическое значение, позволяя уточнить распространение и встречаемость видов на территории России.

Птицы представляют опасность и на хозяйственных объектах: зверофермах, питомниках для животных и, в частности, на птицефабриках, т.е. везде, где для диких птиц открыт доступ к корму. Если такие объекты находятся вблизи аэродромов и авиабаз, то взаимоотношения человека с дикими птицами значительно осложняются.

Есть и ещё один важный фактор, который необходимо устранить – это опасность инфекционных инвазий на территорию хозяйственного объекта и заражение животных в питомниках. В связи с этим возникла насущная необходимость оградить территории крупных промышленных птицефабрик от проникновения диких птиц, приносящих различные инфекции, включая птичий грипп.

Известно, что вспышка инфекционных заболеваний на птицефабриках приводит к полному уничтожению поголовья либо в отдельном цехе, либо на всей птицефабрике. А это приносит миллионные убытки. Промышленные птицефабрики привлекательны для диких птиц. Это объясняется доступностью корма. Бункеры для биокормов расположены обычно близ цехов выращивания сельскохозяйственных птиц, при их загрузке происходит рассыпание кормов по территории птицефабрики, что привлекает диких птиц, в частности сизых голубей, серых ворон, грачей и др. Такая ситуация была и на птицефабрике «Акашевская» республики Марий Элл (рис. 2 а). Большинство представителей этих видов трудно поддаются воздействию биоакустических и оптических средств управления поведением. Наличие корма оказывает на них значительно большее управляющее действие. Избежать просыпания кормов при загрузке в них корма не получается. Поэтому было принято единственно верное эко-техническое решение – закрыть бункеры с кормом металлическими конструкциями (рис. 2 б).



а



б

Рис. 2. Бункеры с просыпанным кормом (а); металлическое укрытие кормового бункера (б)

Проведенное орнитологическое обследование территории птицефабрики «Акашевская» республики Марий Элл после установки защитных конструкций на все кормовые бункеры показало полное отсутствие диких птиц.

Работа по идентификации вида проводится с использованием оборудования ЦКП «Инструментальные методы в экологии» при ИПЭЭ РАН (The study of identification is conducted using Joint Usage Center «Instrumental methods in ecology» at the IEE RAS).

Авторы выражают благодарность сотрудникам ИПЭЭ РАН Ю.А. Богдановой и Ю.А. Гороховой за помощь в оформлении рукописи.

Список литературы:

1. Wildlife Strikes to Civil Aircraft in the United States [Электронный ресурс]. URL: <https://wildlife.faa.gov/downloads/Wildlife-Strike-Report-1990-2015.pdf> (Дата обращения: 25.04.2019)
2. Столкновения с птицами и другими животными [Электронный ресурс]. URL: <http://www.favt.ru/dejatelnost-bezopasnost-poletov-stolknoveniya-ptici/> (Дата обращения: 25.04.2019)
3. Dekker A., Van Gasteren H., Shamoun-Baranes J. Eurbase, progress report and first impressions on bird species / A. Dekker, H. Van Gasteren, J. Shamoun-Baranes // IBSC 26/WP-ID2 – 2003. Pp. 1-16.

4. Пыичев V. D., Nechval N. A., Biryukov V. Y. A general statistical approach to identification of bird remains after collisions between aircraft and birds / V. D. Ilyichev, N. A. Nechval, V. Y. Biryukov // BSCE 20 – 1990. pp. 169-178.
5. Силаева О. Л., Чернова О. Ф., Букреев С. А., Вараксин А. Н. Определитель птиц по перу и его фрагментам. Отряд Ржанкообразные (*Charadriiformes*). / О. Л. Силаева, О. Ф. Чернова, С. А. Букреев, А. Н. Вараксин // М.: Товарищество научных изданий КМК – 2018. 385 с.

**CURRENT PROBLEMS OF ORNITHOLOGICAL SAFETY
AT THE AIRPORTS AND ON POULTRY FARMS**

O.L. Silaeva¹, B.M. Zvonov²

*Institute of Ecology and Evolution named A.N. Severtsova Russian Academy of Sciences,
Moscow, 119071, Russian Federation,
e-mail: ¹silaeva.o@gmail.com, ²zvonovbm@gmail.com*

Abstract

The major factors affecting the ornithological safety of airfields and poultry farms are described. An increase of bird strikes number is noted in recent years. Major factors for minimization of ornithological flights danger are given: 1. regular monitoring of the airport territory and adjacent zone; 2. round-the-clock monitoring of runways and taxiways; 3. obligatory investigation of all birds' collisions with species' identification of a bird guilty in the case. The data obtained as a result of these investigations have to enter the geoinformation database of flights' safety. The technical-ecological method of wild birds' behavior management for prevention of infectious invasions to poultry farms is considered.

УТИЛИЗАЦИЯ ЛЕТУЧИХ ПРОДУКТОВ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО ПИРОЛИЗА БИОМАССЫ

В.А. Синельщиков; Л.Б. Директор

*Объединенный институт высоких температур РАН,
Москва, 125412, Россия, e-mail: sinelshchikov@mail.ru*

Низкотемпературный пиролиз или торрефикация биомассы проводится с целью улучшения потребительских свойств биомассы при ее использовании в качестве твердого топлива [1]. При нагреве в бескислородной среде происходит термическая деструкция органической составляющей биомассы, сопровождающаяся выходом летучих продуктов. В результате элементный состав перерабатываемого сырья изменяется в сторону увеличения доли углерода и уменьшения доли кислорода, что приводит к росту удельной теплоты сгорания. Одновременно торрефицированная биомасса приобретает гидрофобные свойства, и существенно снижаются энергозатраты на ее измельчение. Указанное изменение свойств биомассы в процессе торрефикации расширяет возможности ее использования как самостоятельного топлива, а также как добавки к ископаемым твердым топливам [2]. Выделяющиеся при торрефикации летучие продукты представляют собой смесь неконденсирующихся газов (CO , CO_2), паров пирогенетической воды и паров органических соединений (уксусная, молочная и муравьиная кислоты, метанол, ацетон, фурфурол, следы фенола) при нормальных условиях формирующих жидкую фракцию [3].

Состав и свойства летучих продуктов зависят от режимных параметров процесса, а именно, от температуры торрефикации, т.е. максимальной температуры, до которой производится нагрев сырья, и времени выдержки при этой температуре. Обычно температура торрефикации не превышает $300\text{ }^\circ\text{C}$, а время выдержки составляет не более 60 мин. Ограничение на температуру связано с тем, что с ее ростом увеличиваются массовые потери и тем самым уменьшается выход конечного продукта (принятые массовые потери при торрефикации обычно не превышают 30%). Ограничение на время выдержки связано с существенным замедлением скорости распада органической составляющей биомассы после достижения заданной температуре [4]. При сопоставлении состава и теплофизических свойств летучих продуктов, выделяющихся при различных температурах и временах выдержки, в качестве универсального параметра удобно использовать величину массовых потерь при торрефикации, рассчитанную на сухое беззольное состояние исходной биомассы или, что то же самое, относительный массовый выход летучих продуктов.

На рис. 1 представлены данные по массовому выходу конденсирующихся и неконденсирующихся летучих продуктов торрефикации. Из рис. 1 видно, что с ростом массовых потерь доля конденсирующихся летучих возрастает. Поскольку органические соединения, входящие в их состав, представляют существенную опасность для окружающей среды [3], при разработке технологии торрефикации должны быть предусмотрены меры по их утилизации. В зависимости от используемой схемы технологического процесса парогазовая смесь на выходе из реактора торрефикации представляет собой либо летучие продукты, либо их смесь с газом-теплоносителем, в качестве которого могут использоваться продукты сгорания [5]. В первом случае летучие продукты могут быть конвертированы в синтез-газ путем их крекинга на пористом углеродном материале [4] либо подлежат утилизации путем сжигания, а выделяющееся при этом тепло используется для внутренних потребностей технологического процесса. Утилизация путем сжигания может быть использована и во втором случае, при этом для увеличения концентрации горючей составляющей приме-

няется рецикл газа-теплоносителя в реакторе торрефикации [6]. В любом случае для разработки технологий торрефикации и методов утилизации летучих продуктов, представляющих опасность для окружающей среды, необходимы данные по таким теплофизическим свойствам, как теплоемкость и теплота сгорания.

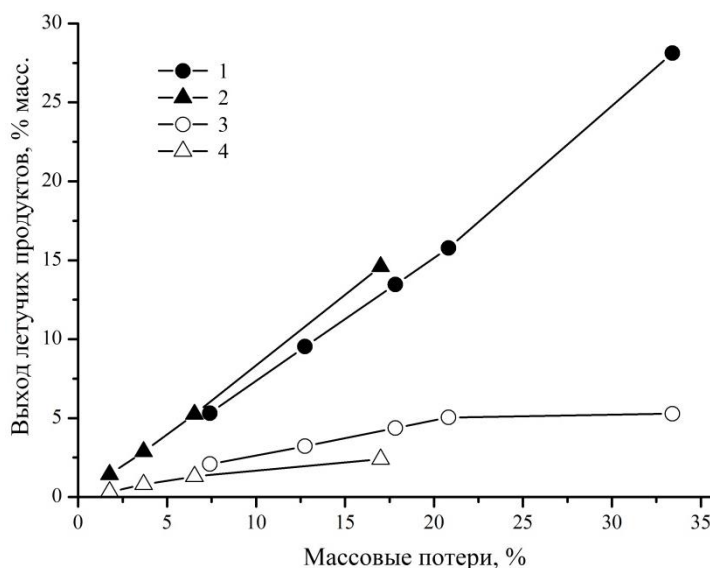


Рис. 1. Выход конденсирующихся (1, 2) и неконденсирующихся (3, 4) летучих продуктов пиролиза при различных величинах массовых потерь для лиственных (1, 3) и хвойных (2, 4) пород древесины (на основе данных из [3])

Для расчета теплофизических свойств были использованы данные по составу и массовому выходу летучих продуктов, выделяющихся при пиролизе лиственных (ива) и хвойных (лиственница) пород древесины, взятые из [3]. В [3] приведены соответствующие данные для температур торрефикации до 300 °С и времен выдержки до 50 мин. Максимальная величина массовых потерь при этом составляла 33% в расчете на сухое беззольное состояние. Теплоемкость и теплота сгорания летучих продуктов рассчитывалась по аддитивному принципу. Данные по теплоемкости отдельных компонентов, входящих в состав летучих продуктов, брались из базы данных NIST [7]. Теплота сгорания рассчитывалась на основе стандартной теплоты образования данного соединения и стандартных теплот образования продуктов его сгорания, которые также брались из [7]. При отсутствии соответствующих данных по теплоемкости и теплоте образования для их расчета использовался метод групповых вкладов [8].

Результаты расчета теплоемкости летучих продуктов, соответствующих различным массовым потерям двух видов исходного сырья, в интервале температур от комнатной до 1000 К представлены на рис. 2. Максимальное различие рассчитанных значений теплоемкости при фиксированной температуре не превышает 7%, поэтому можно рекомендовать в дальнейшем использовать усредненную температурную зависимость теплоемкости летучих продуктов, также представленную на рис. 2. Для сравнения на рис. 2 приведена аналогичная зависимость для продуктов сгорания метана, использовавшихся в [6] в качестве газа-теплоносителя. Из сопоставления приведенных данных видно, что теплоемкость летучих продуктов заметно превышает теплоемкость продуктов сгорания и с ростом температуры это различие увеличивается.

На рис. 3 приведены рассчитанные значения теплоты сгорания и значения соответствующего стехиометрического коэффициента (массового) для воздуха. В отличие от теплоемкости теплота сгорания летучих продуктов и стехиометрический коэффициент существенно зависят от степени массовых потерь и вида древесины. Увеличение значений указанных характеристик с ростом массовых потерь в значи-

тельной степени связано с уменьшением массовой доли буферных негорючих компонентов (диоксид углерода и пары воды) в летучих продуктах торрефикации.

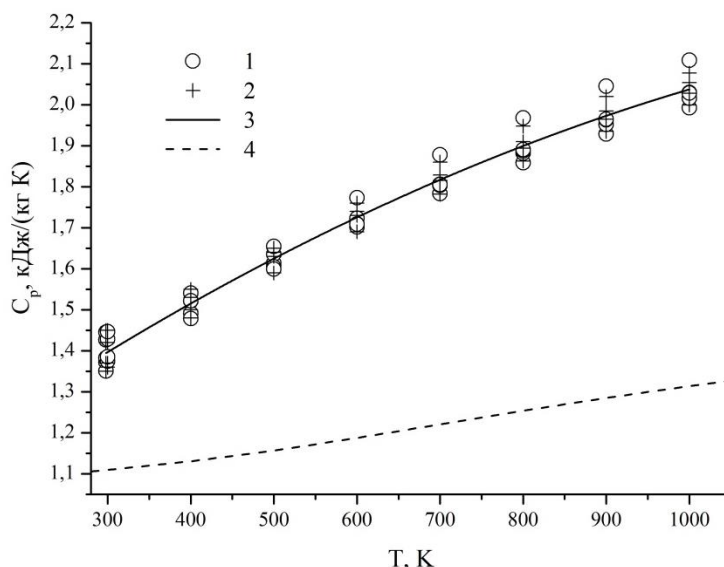


Рис. 2. Теплоемкость летучих продуктов пиролиза лиственных (1) и хвойных (2) пород древесины, рассчитанная для различных величин массовых потерь, и продуктов сгорания метана (4). Усредненная температурная зависимость теплоемкости летучих продуктов пиролиза (3)

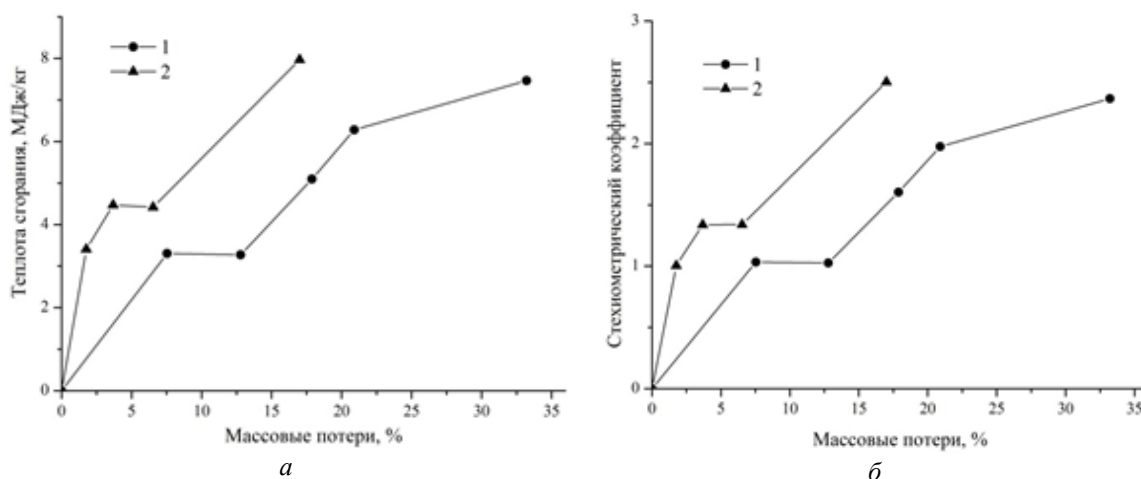


Рис. 3. Зависимость нижней теплоты сгорания (а) и массового стехиометрического коэффициента для воздуха (б) от величины массовых потерь при торрефикации для летучих продуктов древесины лиственных (1) и хвойных (2) пород

В результате проведенных расчетов показано, что температурная зависимость теплоемкости летучих продуктов торрефикации различных пород древесины в интервале температур от комнатной до 1000 К с хорошей точностью аппроксимируется одной кривой, независимо от величины массовых потерь и вида исходного сырья. В то же время теплота сгорания летучих продуктов и соответствующий стехиометрический коэффициент для воздуха существенно увеличиваются с ростом величины массовых потерь, а также зависят от сорта древесины. Полученные расчетные зависимости могут быть использованы при разработке технологии торрефикации и моделировании физико-химических процессов, протекающих как непосредственно в реакторах торрефикации, так и в устройствах, предназначенных для утилизации летучих продуктов.

Список литературы:

1. Bergman P.C.A. Torrefaction for biomass upgrading / P.C.A. Bergman; J.H.A. Kiel // ECN Tech. Report. ECN-RX-05-180. – 2005. – P. 1–8.

2. Bergman P.C.A. Torrefaction for biomass co-firing in existing coal-fired power stations / P.C.A. Bergman, A.R. Boersma, R.W.R. Zwart, J.H.A. Kiel // ECN Tech. Report., ECN-C-05-013. – 2005. – P. 1–71.
3. Prins M.J. Torrefaction of wood Part 2. Analysis of products / Prins M.J., Ptasinski K.J., Janssen F.J.J.G. // J. Anal. Appl. Pyrolysis. – 2006. – Vol. 77. – P. 35–40.
4. Kosov V.V. Effect of Torrefaction on Properties of Solid Granulated Fuel of Different Biomass Types / V.V. Kosov, V.A. Sinelshchikov, G.A. Sytchev, V.M. Zaichenko // High Temperature. – 2014. – Vol. 52. – No. 6. – P. 907-912.
5. Kleinschmidt C. Overview of international developments in torrefaction. Central European Biomass Conference. Vol. 28.1. 2011. URL http://www.ieabcc.nl/workshops/task32_2011_graz_torrefaction/Kleindschmidt_Paper.pdf
6. Director L.B. Numerical analysis of biomass torrefaction reactor with recirculation of heat carrier / Director L.B., Ivanin O.A, Sinelshchikov V.A // Journal of Physics: Conference Series – 2018 – V. 946 – P. 1–11.
7. National Institute of Standards and Technology, NIST chemistry WebBook, SRD 69. URL: <http://webbook.nist.gov/chemistry/form-ser>
8. Joback K.G. Estimation of pure-component properties from group-contributions / Joback K.G., Reid R.C. // Chem. Eng. Commun. – 1987 – V.57 – P. 233-243.

RECLAMATION OF VOLATILE PRODUCTS OF LOW-TEMPERATURE PYROLYSIS OF BIOMASS

V.A. Sinelshchikov, L.B. Director

*Joint Institute for High Temperatures, Russian Academy of Sciences,
Moscow, 125412, Russia, e-mail: sinelshchikov@mail.ru*

Abstract

One of the important tasks arising in the development of technologies for biomass torrefaction is the reclamation of volatile products, released during the heating of the processing raw materials and representing a significant danger to the environment. The usage of thermal methods (high-temperature cracking, burning) for this purpose requires knowledge of the thermophysical properties of volatile products. The paper presents the results of calculation of the heat capacity, calorific value and stoichiometric coefficient for torrefaction volatile products of two types of wood.

УДК 681.3

ОБНАРУЖЕНИЕ АНОМАЛИЙ ЭКОСИСТЕМ АКВАТОРИЙ г. СЕВАСТОПОЛЯ НА ОСНОВЕ МАРКОВСКОЙ МОДЕЛИ

А.В. Скатков, А.А. Брюховецкий, Д.В. Моисеев

ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,

г. Севастополь, 299053, Россия, e-mail: dmitrymoiseev@mail.ru

Данная работа посвящена разработке марковской модели обнаружения аномалий экосистем акваторий г. Севастополя. Представлены состояния исследуемых объектов, алгоритм построения матрицы переходных вероятностей и определения финальных вероятностей. Некоторые из важных применений обнаружения аномалий на основе марковской модели – это прогнозирование и распознавание аномалий.

Экологический мониторинг и контроль – это комплекс мероприятий по выявлению и оценке источников и уровня загрязненности природных объектов вредными веществами в результате сбросов либо выбросов этих веществ в окружающую среду природопользователями, а также вследствие естественного образования и накопления в объектах окружающей среды, в том числе за счет химической и биохимической трансформации природных и техногенных веществ в соединения с вредными свойствами [1].

Отсутствие комплексных мониторинговых исследований фонового состояния морской среды на взморье Севастополя, в том числе за нефтяными и фенольными загрязнениями, контроль которого особенно необходим в акваториях, примыкающих к инфраструктуре грузопассажирского и военного флотов, не позволяет адекватно оценить состояние экосистем и перспективу развития экологических ситуаций [2]. Поэтому разработка методов мониторинга обнаружения аномалий экосистем акваторий г. Севастополя представляет собой актуальную задачу.

Для современных информационных систем экологического мониторинга одной из основных особенностей является то, что их параметры и структуры на различных этапах жизненного цикла изменяются под действием объективных и субъективных причин. При выборе методов контроля необходимо определиться с тем, какова вероятность достоверного измерения характеристик того или иного объекта и каким образом можно решить задачу при наименьших финансовых и других затратах.

Предлагаемый в статье подход соответствует концепции приоритетной региональной программы «Умный город» в соответствии со стратегией социально-экономического развития г. Севастополя до 2030 года. Реализация этой концепции предусматривает, в том числе, создание и обеспечение непрерывного мониторинга ключевых показателей окружающей среды. Поэтому решение задач, связанных с разработкой интеллектуальных технологий как ключевого составного компонента системы мониторинга, оперативно подстраивающейся под изменения внутренних состояний критической экосистемы акватории Севастопольского региона и обнаруживающей критические события с целью оперативного принятия неотложных мер по их ликвидации, является необходимостью.

В работе [3] рассматривается подход к разработке интеллектуальной системы мониторинга для решения крупномасштабных научных задач в облачных вычислительных средах в условиях дефицита априорной информации о состоянии среды. Представлен комплекс моделей классификации информационных ситуаций, позволяющих облачным брокерам поддерживать процесс принятия решений по выбору оптимальной стратегии решения задач мониторинга. Разработка методов принятия решений в условиях неопределенности, в том числе, методов обнаружения аномаль-

ных значений данных мониторинга, позволит устранить недостатки и ограничения свойственные классическим подходам и позволит решить новые научные задачи, характеризующиеся потоками данных с переменной интенсивностью, неоднородными потоками информации в условиях малоинформативных, пропущенных, зашумленных данных и неполной информации.

Одним из методов [4] выявления экологического состояния акватории является метод визуализации, основанный на современной концепции систем визуальной аналитики VisualAnalytics – VA или VisualDataDiscovery – VDD. Важнейшим элементом пользовательского интерфейса систем визуальной аналитики являются Dashboards – пользовательские панели, которые содержат множественные визуальные индикаторы на одной странице. В качестве средств визуализации для многомерного пространства показателей качества авторы предлагают использовать методы параллельных координат и лепестковых диаграмм. Эти методы предоставляют возможность эффективно визуализировать многомерную информацию, измеряемую в различных шкалах.

В работе [5] рассматривается метод реструктуризации информационных систем экологического мониторинга на основе анализа вариантов их реализации. Метод решения задачи основан на комплексе взаимосвязанных этапов. На первом этапе генерируются варианты, исходя из экспертных оценок и минимально-необходимых функций системы, реализующих i -ю задачу. Для прореживания множества допустимых решений определяется эффективность полученных вариантов на основе векторного подхода, при котором объект оценивается по результатам сравнения отдельных его свойств. Таким образом, появляется возможность формализации процесса принятия решений.

Методам моделирования процессов обнаружения аномалий в сложно структурированных данных мониторинга посвящена работа [6]. В статье обсуждается проблема обнаружения аномалий в сложно структурированных данных мониторинга окружающей среды и систем критического назначения. Предлагается подход к решению задачи обнаружения изменения состояния потока данных мониторинга с использованием моделей нормального распределения на основе критерия непараметрической статистики Спирмена. Приводится решение задачи оценки влияния значений интенсивности генерации заявок, интенсивности обслуживания заявок, нагрузки системы, объема выборок, моментов времени измерения характеристик, интервалов времени измерения характеристик и уровней значимости на изменение состояния объекта мониторинга.

В данной статье, предлагается метод мониторинга состояния экосистемы акватории г. Севастополя на основе марковской модели [7]. Метод позволит оценивать такие значения параметров акваторий как уровень загрязненности, содержание опасных веществ, прозрачность, соленость, температуру, электропроводность воды, скорость направления течений и ветра и другие. Предполагается, что состояние экосистемы акватории наблюдаются вначале в одном временном интервале, а затем в другом временном интервале. В зависимости от целей и длительности периода наблюдения возможен прогноз, например, на неделю, месяц, год и т.д. Главная задача при построении марковских моделей состоит в сборе данных для вычисления переходных вероятностей и построения матриц переходных вероятностей, для чего требуется информация об изменениях, происходящих за определенные интервалы времени, и реакциях на различные типы возмущений.

Для оценки качественного состояния объектов мониторинга будем использовать три состояния, в которых могут находиться объекты:

S_1 – нормальное состояние, значение параметра в пределах нормы,

S_2 – предкритическое состояние, значение параметра отличается от нормального,

S_3 – критическое состояние, аномальное, значение параметра существенно отличается от нормального.

В общем виде алгоритм моделирования содержит следующую последовательность действий:

1. Формируется вектор начальных вероятностей $p^{(0)} = \{p^{(0)}(1), p^{(0)}(2), p^{(0)}(3)\}$.
2. Генерируется множество, содержащее N состояний S_i и строится последовательность $S_1, \dots, S_j, \dots, S_l$, где $i, j, l \in \{1, 2, 3\}$.
3. Подсчитываем количество $|S_{i,j}|$ полученных пар вида $S_{i,j}$, где $i, j \in \{1, 2, 3\}$, $S_{i,j}$ – переход из текущего состояния S_i в следующее состояние S_j .
4. Находим вероятности переходов состояний $P_{ij} = |S_{i,j}| / N_i$ и строим матрицу переходных вероятностей $|P_{ij}|$, в которой вероятность перехода системы в любое возможное состояние в каждый момент времени определяется только ее состоянием в предыдущий момент времени и не зависит от более ранней предыстории:

$$|P_{ij}| = \begin{vmatrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1j} & \dots & P_{1n} \\ P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2j} & \dots & P_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{i1} & P_{i2} & \dots & P_{ij} & \dots & P_{in} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{n1} & P_{n2} & \dots & P_{nj} & \dots & P_{nn} \end{vmatrix}$$

Элемент p_{ij} матрицы означает вероятность перехода системы из состояния s_i в состояние s_j в дискретные моменты времени t_1, t_2, \dots . Очевидно, сумма элементов любой строки матрицы равна 1.

5. Вычисляем вектор финальных вероятностей $p^{(n)} = p^{(0)} \times P^n$.

Векторы $p^{(n)}$ при росте n в некоторых случаях стабилизируются – сходятся к некоторому вероятностному вектору p , который можно назвать стационарным распределением цепи. Стационарность проявляется в том, что взяв $p^{(0)} = p$, получим $p^{(n)} = p$ для любого n . Простейший критерий, который гарантирует сходимость к стационарному распределению, выглядит следующим образом: если все элементы матрицы переходных вероятностей P положительны, то при n , стремящемся к бесконечности, вектор $p^{(n)}$ стремится к вектору p , являющемуся единственным решением системы вида $p \times P = p$.

К достоинствам использования марковской модели можно отнести следующее:

1. Модель легко строить на основе данных о текущем состоянии экосистемы акватории.
2. Основная матрица переходных вероятностей отображает главные параметры динамических изменений в системе.
3. Результаты анализа легко визуализировать.
4. Вычислительные потребности при исследовании марковских моделей малозатратны, особенно при небольшом числе состояний.

Недостатком использования марковской модели является:

1. Отклонение от стационарности, в предположении которой получены марковские цепи первого порядка.
2. В отдельных случаях, имеющих данные может оказаться недостаточным для того, чтобы достоверно оценить вероятности и скорости перехода.
3. Как и в других моделях, выяснение адекватности модели зависит от возможности предсказать поведение системы.

Таким образом, основной задачей предлагаемого подхода является оценка значений заданных параметров и в дальнейшем, на основании полученных данных, прогнозирование изменений экологического состояния акватории. Разработка интеллектуальной технологии обнаружения аномалий экосистем акватории г. Севастополя, базирующейся на применении новых подходов и методов, приведет к повышению

обоснованности, достоверности и оперативности процессов поддержки принятия решений по оценке экологического состояния среды.

Работа выполнена при частичной поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 18-47-920007/18).

Список литературы:

1. Экологические основы управления природно-техническими системами / Под ред. М.П. Федорова. СПб.: Изд-во Политех. Ун-та, 2007. – 506 с.
2. Овсяный Е.И., Романов А.С, Миньковская Р.Я., Красновид И.И., Озюменко Б.А., Цымбал И.М. Основные источники загрязнения морской среды Севастопольского региона // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2001.– С. 138-152.
3. Скатков А.В., Брюховецкий А.А., Моисеев Д.В. Интеллектуальная система мониторинга для решения крупномасштабных научных задач в облачных вычислительных средах // Информационно-управляющие системы. – 2017. № 2 (87). С. 19-25.
4. Е.Н. Мащенко, Ю.П. Ньюнкина. Подход к виртуализации данных систем мониторинга многомерных объектов // Системы контроля окружающей среды – 2016 / Тезисы докладов Международной научно-технической конференции. – Севастополь, 24 – 27 октября 2016 г. – Севастополь: ИПТС, 2016. – 234 с.
5. Ю.В. Доронина, В.О. Рябовая. Развитие метода реструктуризации информационных систем экологического мониторинга на основе анализа вариантов их реализации // Системы контроля окружающей среды – 2016 / Тезисы докладов Международной научно-технической конференции. – Севастополь, 24 – 27 октября 2016 г. – Севастополь: ИПТС, 2016. – 234 с.
6. Брюховецкий А.А., Скатков А.В., Шишкин Ю.Е. Моделирование процессов обнаружения аномалий в сложно структурированных данных мониторинга // Системы контроля окружающей среды. Севастополь: ИПТС, 2017. Вып. 9 (29). – С. 45–49.
7. Трухаев Р.И. Модели принятия решений в условиях неопределенности. - М.: "Наука", 1981. - 258 с.

**DETECTION OF ANOMALIES OF AQUATORIAL ECOSYSTEMS
G. SEVASTOPOL ON THE BASIS OF THE MARKOV MODEL**

A.V. Skatkov, A.A. Bryukhovetskiy, D.V. Moiseev
Sevastopol State University, Sevastopol, 299053, Russia
e-mail: dmitriymoiseev@mail.ru

Abstract

This work is devoted to construction of markov model of detection of anomalies of ecosystems of water areas of Sevastopol. The states of the objects under study and the algorithm for constructing the transition matrix and determining the final probabilities are presented. Some of the important applications of anomaly detection based on the Markov model are prediction and recognition of anomalies.

**МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ АНТРОПОГЕННО
ТРАНСФОРМИРОВАННЫХ ПОЧВ В УСЛОВИЯХ
ЦЕНТРАЛЬНОГО ЧЕРНОЗЕМЬЯ**

Е.В. Скрипникова¹; И.А. Трофимов²; А.В. Емельянов¹

¹ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина»,
г. Тамбов, 392000, РФ, e-mail: elena.sk@mail.ru

²ФГБНУ «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии
имени В.Р. Вильямса», г. Лобня, РФ, e-mail: viktrofi@mail.ru

Интенсивное землепользование требует регулярного применения различных пестицидов и агрохимикатов. Эти вещества, накапливаясь, в значительной степени влияют на нормальную микрофлору почвы, от которой, в свою очередь, зависит трансформация и накопление органического вещества. Определенные компоненты, накапливаясь в почве, ингибируют функционирование нормальной микрофлоры и процессы биотрансформации веществ [1].

В настоящее время в результате деградации почв и роста интенсивности использования земли без достаточного возврата в почву органических и минеральных питательных элементов, даже на потенциально богатых черноземах, наблюдается снижение плодородия.

Микроорганизмы почвы играют важную роль в поддержании ее качества в агроэкосистемах. С одной стороны, они отличаются высокой чувствительностью к воздействиям окружающей среды, с другой – микробное разнообразие почв может характеризовать их устойчивость, способность справляться с факторами сельскохозяйственного воздействия [2, 3].

Наиболее весомый вклад в суммарные показатели биологической активности вносят микроорганизмы, выступающие в качестве редуцентов органических компонентов, и участвующие в превращении вещества и энергии, как в естественных, так и в нарушенных экосистемах. Ферментативная активность определяет доступность элементов питания, содержание гумуса, особенности метаболизма биогенных элементов, а также способность почвы к разложению различных поллютантов. В связи с этим биодиагностика деградации почв, основанная на определении микробного пула конкретной почвы, имеет большое значение. Определение скорости деструкционных процессов и трансформации органического вещества в почве является ключевой проблемой для прогнозирования состояния почвенных экосистем.

Внесение высоких доз удобрений или пестицидов могут быть причиной микробного токсикоза почвы. Это связано с изменением структуры микробиома почвы, активизации одних и подавления других групп микроорганизмов, продуцировании определенных метаболитов, подавляющих рост определенных видов бактерий, грибов и даже растений. При избыточном применении в качестве удобрений отходов животноводства в почве в большом количестве накапливаются определенные элементы, изменяется аборигенная микрофлора, отвечающая за формирование плодородного слоя, а также может обнаруживаться значительное число патогенных микроорганизмов [4].

В почве повышается содержание отдельных элементов, в том числе и тяжелых металлов, которые могут быть токсичными для растений и почвенной микробиоты. Внесение навоза также увеличивает количество растворенного органического вещества в почвенном растворе. Высокие дозы навоза увеличивают эмиссию N₂O и CO₂ из почвы [5].

Применение продуктов компостирования, содержащих остатки антибиотиков, может привести к загрязнению почвы и создать риск появления в почвенной экосистеме резистентных к данным препаратам штаммов микроорганизмов [6].

Тамбовская область является регионом интенсивного развития животноводства. В связи с этим загрязнение почв отходами животноводческих комплексов является весьма актуальной проблемой.

Анализируя химический состав почвы после внесения жидкого навоза, было установлено, что в исследованных пробах наибольшая концентрация соответствует азоту аммонийному, естественному компоненту жидкого навоза.

Преобладающими группами микроорганизмов в почве после внесения навоза являлись аммонифицирующие микроорганизмы. Среди выделенных микроорганизмов доминировали представители следующих родов: *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Proteus*, *Clostridium*. Также были выделены *Bacillus probatus*, *Sporosarcina ureae*, *Escherichia coli*, представители р. *Celvibrio*, *Desulfovibrio*, *Vibrio* и др. Именно эти микроорганизмы вызывают гнилостные процессы при разложении органики и нарушают естественную микрофлору почв. В таблице 1 представлено содержание различных групп микроорганизмов в почвах сразу после внесения жидких навозных стоков.

Таблица 1

Содержание микроорганизмов в почве после внесения жидкого навоза

Вариант	Аммонификаторы, КОЕ/г	Денитрификаторы, КОЕ/г	Нитрификаторы, КОЕ/г	Грибы, КОЕ/г	Целлюлозоразрушающие, КОЕ/г
Вариант 1	1498,9	122,1	212,4	158,4	114,3
Вариант 2	1358,7	102,4	205,1	257,4	57,3
Вариант 3	1976,9	85,2	179,4	271,2	77,8
Вариант 4	985,7	106,9	256,4	212,7	157,5
Вариант 5	1594,3	75,1	250,2	84,9	98,7

Также в почве были обнаружены микроорганизмы из родов *Salmonella*, *Staphylococcus*, *Streptococcus* (таблица 2).

Таблица 2

Содержание патогенных и условно-патогенных микроорганизмов в почве после внесения жидкого навоза

Бактерии	В.1	В.2	В.3	В.4	В.5
	КОЕ/г				
ОМЧ	$8,6 \times 10^9$	$4,7 \times 10^9$	$6,4 \times 10^9$	$1,8 \times 10^9$	$1,4 \times 10^{10}$
<i>Salmonella</i>	18×10^3	13×10^4	32×10^3	12×10^2	5×10^3
<i>E. coli</i>	7×10^6	7×10^6	5×10^7	3×10^5	9×10^5
<i>Staphylococcus</i>	9×10^4	9×10^3	3×10^4	6×10^3	8×10^5
<i>Streptococcus pyogenes</i>	5×10^2	4×10^3	2×10^2	1×10^2	2×10^3
<i>Str. faecies</i>	4×10^3	3×10^2	5×10^3	2×10^4	9×10^3
<i>Str. faecalis</i>	9×10^7	5×10^6	7×10^7	2×10^8	7×10^8
<i>Proteus</i>	2×10^2	$4,7 \times 10^9$	$6,4 \times 10^9$	3×10^2	1×10^2

Многие органические вещества, попадающие в почву, могут практически полностью минерализоваться микроорганизмами, тогда как другие не способны служить источниками углерода и энергии, но разлагаются бактериями в присутствии кометаболитов. Вместе с тем продукты неполного разложения могут быть также опасны,

как и исходные загрязнители, и накапливаться в почве в составе гумуса. Поэтому важной задачей является подбор и создание микробных консорциумов, способных осуществлять полное разложение загрязняющих веществ [7]. Многие загрязняющие почву вещества быстрее и полнее разрушаются при использовании биопрепаратов, полученных на основе смешанных микробных консорциумов. Это характерно для таких ситуаций, когда отдельный вид организмов трансформирует одно соединение в другое, но не имеет ферментативной системы для его деградации. Поэтому чаще всего отдельно взятое аборигенное сообщество микроорганизмов не способно полностью разлагать все загрязняющие вещества. Это связано, обычно, со конкретной специфичностью первого фермента пути разложения, трансформирующего только строго определенный субстрат.

Внесение биопрепаратов может оказывать положительное влияние на процессы восстановления почвы. Это связано с такими факторами, как влияние на гумификацию почвенной органики, трансформация гуминовых кислот, образование более доступных форм различных веществ, минерализацией азотосодержащих веществ с выделением аммонийного или нитратного азота, предотвращением накопления других токсичных веществ и т.д.

Анализ соответствующих путей метаболизма позволяет выделять штаммы микроорганизмов, обладающие альтернативными механизмами утилизации устойчивых к биоразложению соединений, с целью восстановления нормального функционирования нарушенной почвенной биосистемы. Конструирование новых путей трансформации соединений, загрязняющих природную среду, является перспективным способом получения желаемых свойств биодegradации у микроорганизмов для использования их как агентов биологического восстановления среды.

В качестве эксперимента мы обработали загрязненные высоким содержанием органики почвы препаратом, в состав которого входят микроорганизмы, обладающие окислительным метаболизмом, высокой ферментативной активностью, а также антибиотическими свойствами.

Для создания консорциума, обладающего биодеструктивными свойствами, были использованы различные штаммы микроорганизмов, содержание которых было подобрано в определенных пропорциях.

Бактерии группы кишечных палочек и сальмонеллы погибли обрабатываемых образцах почвы. Кокковая патогенная микрофлора (стафилококки, стрептококки) также практически потеряла жизнеспособность.

Вследствие изменения микрофлоры почвы изменились процессы разложения органического составляющего. Гнилостные процессы сменились на бродильные и окислительные, продуктами которых являются органические кислоты, углекислый газ, водород, вода.

Таким образом, предлагаемый способ может обеспечить восстановление антропогенно трансформированных почв с сохранением их плодородия и доступности питательных веществ для растений. Ускорение деструкции и вытеснение гнилостной микрофлоры микроорганизмами консорциума позволяет снизить уровень патогенной опасности.

Микробные консорциумы, предназначенные для восстановления агрогенно трансформированных почв, включают сообщество полезной почвенной микрофлоры, характерной для местных условий, микроорганизмы, повышающие активность основной микробной составляющей препарата, обладающей фунгицидной, целлюлолитической, протеолитической активностями, регулирующие развитие растений.

Применение микробных консорциумов позволяет решать не только проблемы трансформации определенных веществ, но и восстановление и обогащение обедненных органическими компонентами почв.

Продукты жизнедеятельности микробов-активаторов не только усиливают поглонительную способность корневой системы растений, но активируют синтетические процессы. Под их влиянием усиливается синтез липоидных соединений, нуклеопротеидов, аминокислот, по-видимому, витаминов и других биологически важных соединений [8].

Созданные нами микробные консорциумы «Активир» и «Стим», содержащие активные штаммы различных видов *Azotobacter* хорошо приживаются в нарушенных почвах и в изначально бедных азотом песчаных и супесчаных почвах, что повышает плодородие этих почв и позволяет успешно выращивать на них сельскохозяйственные культуры, требовательные к азоту.

В результате проведенных исследований установлено, что микробы-активаторы и микробные консорциумы являются активным воздействующим фактором на рост и развитие растений. Влияние их многогранно. С одной стороны, они улучшают почвенное плодородие, с другой – активируют метаболизм растений.

Положительное действие на почву микробных консорциумов особенно отчетливо прослеживается при полной деградации почв в результате высокотемпературного воздействия [9].

Нами была исследована послепожарная динамика микробных комплексов почв смешанных и хвойных лесов Центрально-Черноземного района и возможность повышения плодородия пирогенно трансформированных почв за счет применения микробных консорциумов. Наиболее эффективным в восстановлении плодородия деградированных почв в зоне высокоинтенсивного пожара оказался препарат Стим.

В зоне пожара высокой интенсивности в верхнем слое почвы количество микроорганизмов значительно уменьшилось. Особенно это касается группы аммонификаторов, развитие которых в сильной степени зависит от присутствия органических веществ: отмечена более низкая численность бактерий, утилизирующих органический и минеральный азот. Это свидетельствует о дефиците легкодоступных элементов питания.

При анализе эколого-трофических групп микроорганизмов нами было отмечено, что на участке с внесением препарата Стим возросло общее число микроорганизмов, и особенно аммонификаторов, по сравнению с участком, на котором препарат не вносился. Это свидетельствует о том, что микроорганизмы, входящие в состав консорциума, постепенно приживаются в почве, размножаются и нормально функционируют.

Также нами было отмечено, что на участке с внесением микробного консорциума значительно увеличилось выделение CO_2 в почве. Увеличение выделения CO_2 связано с интенсификацией микробиологических процессов в верхних слоях почвы.

Таким образом, для более быстрого восстановления естественных микробных сообществ и плодородия пирогенно трансформированных почв весьма успешно можно применять микробные консорциумы, содержащие в своем составе азотфиксирующие бактерии.

Залог успеха применения микробных биопрепаратов – полный физический и химический анализ состояния почвы, а также оценка аборигенной микрофлоры трансформированной территории. Знание этих особенностей позволит правильно подобрать состав микробного консорциума, разработать технологию его культивирования и внесения.

Список литературы:

1. Cheng Zhang, Tongtong Zhou, Lusheng Zhu, Zhongkun Du, Bing Li, Jun Wang, Jinhua Wang, Yanan Sun Using enzyme activities and soil microbial diversity to understand the effects of fluoxastrobin on microorganisms in fluvo-aquic soil // *Science of The Total Environment*. – Volume 666. – 2019. – P. 89-93.

- Kennedy A.C., Smiss K.L. Soil microbial diversity and the sustainability of agricultural soils // *Plant Soil*. – 2005. – Vol.170. – P. 75-86.
- Hartmann M., Widmer F. Community structure analyses are more sensitive to differences in soil bacterial community than anonymous diversity indices // *Appl. Environ. Microbiol.* – 2006. – Vol. 72. – P. 7804-7812.
- Balasubramani Ravindran, Dinh Duc Nguyen, Dhiraj Kumar Chaudhary Influence of biochar on physico-chemical and microbial community during swine manure composting process // *Journal of Environmental Management*. – Vol. 232. – 2019. – P. 592-599.
- Kun Zhu, Wibke Christel, Sander Bruun, Lars Stoumann Jensen The different effects of applying fresh, composted or charred manure on soil N₂O emissions *Soil // Biology and Biochemistry*. – Vol. 74. – 2014. – P. 61-69.
- Min Zhang, Liang-Ying He, You-Sheng Liu Fate of veterinary antibiotics during animal manure composting // *Science of The Total Environment*. – Vol. 650. – Part 1. – 2019. – P.1363-1370.
- Скрипникова Е.В., Емельянов А.В., Скрипникова М.К. Применение микробных консорциумов для деструкции органических отходов // *Биотехнология: состояние и перспективы развития: материалы IX международного конгресса*. – 2017. – С. 108-110.
- Скрипникова Е.В., Скрипникова М.К. Изучение влияния почвенных микробов-активаторов на биологическую продуктивность саженцев культурных растений // *Вестник Мичуринского государственного аграрного университета*. – 2016. – № 3. – С. 34-38.
- Скрипникова Е.В., Скрипникова М.К. Особенности развития микробиоты почв после воздействия пирогенного фактора // *Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки*. – 2013. – Т. 18. – № 3. – С. 905-909.

MICROBIOLOGICAL MONITORING OF ANTHROPOGENICALLY TRANSFORMED SOILS IN THE CONDITIONS OF CENTRAL CHERNOZEM REGION

E.V. Skripnikova¹, I.A. Trofimov², A.V. Emelyanov¹

¹*Institute of Mathematics, Natural Sciences, Information Technologies, Derzhavin Tambov State University, 392000, Russia, e-mail: elena.sk@mail.ru*

²*Williams Federal Research Center of forage Production and Agroecology, e-mail: viktrofi@mail.ru*

Abstract

Intensive land use requires regular use of various pesticides and agrochemicals. Certain components accumulate in the soil and inhibit the functioning of normal microflora and biotransformation processes. Overuse of animal waste as a fertilizer in the soil accumulates certain elements in large quantities, changes the indigenous microflora responsible for the formation of the fertile layer, and may also reveal a significant number of pathogens. Ammonifying microorganisms are the predominant groups of microorganisms in the soil after manure application. An important task is the selection and creation of microbial consortia capable of carrying out the complete decomposition of pollutants in the soil. Introduction of biopreparations can have a positive impact on soil remediation processes. Analysis of appropriate metabolic pathways allows to isolate strains of microorganisms possessing alternative mechanisms of utilization of biodegradable compounds in order to restore normal functioning of disturbed soil biosystem. Application of microbial consortia allows solving not only problems of transformation of certain substances, but also restoration and enrichment of soils depleted by organic components.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПРИБРЕЖНО-МОРСКОЙ АКВАТОРИИ Г. СЕВАСТОПОЛЯ ПО РЕАКЦИИ ПРООКСИДАНТНО- АНТИОКСИДАНТНОЙ СИСТЕМЫ ГИДРОБИОНТОВ-ИНДИКАТОРОВ

Е.Н. Скуратовская^{1,2}, И.И. Чеснокова¹, Т.Б. Сигачёва¹, О.Л. Гостюхина¹,
Т.И. Андреенко^{1,2}, Д.А. Прохорова¹, А.А. Параскив¹, А.Д. Сербин³

¹Институт морских биологических исследований имени А.О. Ковалевского РАН,
г. Севастополь, 299011, Россия, e-mail: skuratovskaya2007@rambler.ru

²ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,
г. Севастополь, 299053, Россия

³Малая академия наук, г. Севастополь, 299055, Россия, e-mail: ggluk83@mail.ru

Прибрежные морские акватории занимают особое место в системе Мирового океана благодаря исключительной роли, связанной с созданием биопродукции и самоочищением гидросферы, а также хозяйственной и рекреационной деятельностью человека. Однако в последние десятилетия прибрежные экосистемы подвержены усиленному антропогенному воздействию. В них попадают сточные воды, сливы с сельскохозяйственных угодий и морского транспорта. Одним из таких районов является севастопольская морская акватория, которая служит коллектором различных загрязнителей. В её водные массы поступают неочищенные или условно-чистые промышленные и хозяйственно-бытовые сточные воды, в связи с чем в прибрежных районах сформировались зоны с высокими концентрациями токсикантов в донных осадках: тяжелых металлов, хлор- и фосфорорганических соединений, нефтяных углеводородов, радионуклидов. Поллютанты поглощаются и накапливаются гидробионтами, вызывая реорганизацию обмена веществ, интоксикацию [1-2].

Для обнаружения самых ранних «сигнальных» изменений в метаболизме водных организмов используют молекулярные биомаркеры – биохимические показатели, позволяющие выявить механизмы воздействия комплекса негативных факторов среды на конкретные звенья метаболизма, определить основную стратегию и особенности структурно-функциональных изменений в организме при адаптации к условиям антропогенно-трансформированных морских экосистем. В качестве таких биомаркеров широко используют параметры прооксидантно-антиоксидантной системы [1, 3-5].

На основании вышеизложенного цель работы заключалась в исследовании параметров прооксидантно-антиоксидантной системы двух индикаторных видов – мидий *Mytilus galloprovincialis* и морского ерша *Scorpaena porcus*, отловленных в севастопольских бухтах с разным уровнем загрязнения (б. Казачья, б. Александровская).

Казачья бухта расположена в 15 км от центра Севастополя и по гидрохимическим показателям воды и экологическим характеристикам относится к условно чистым акваториям. Донные отложения бухты представлены в основном заиленными ракушняками и песками. Такие крупнозернистые осадки характеризуются хорошей промываемостью и малой сорбционной емкостью загрязняющих веществ [2, 6]. Б. Александровская входит в состав Севастопольской бухты, перегруженной городскими застройками, промышленными предприятиями, причалами. Искусственное сужение входного пролива б. Севастопольской за счет сооружения защитных северного и южного молов в конце 1970-х гг. привело к снижению интенсивности водообмена с открытой частью моря на 40 – 70% в год, что способствовало ухудшению экологического состояния акватории [2, 7].

Отбор проб проводился осенью 2018 г. Материалом для биохимических исследований служили печень рыб и гепатопанкреас мидий. Образцы тканей несколько

раз промывали холодным физиологическим раствором, гомогенизировали, центрифугировали при 8000 g 15 минут. Активность супероксиддисмутазы (СОД) определяли в системе нитросиний тетразолиевый - феназинметасульфат – никотиамиддинуклеотид [8], активность каталазы (КАТ) – по реакции взаимодействия перекиси водорода с молибдатом аммония [9], содержание ТБК-реактивных продуктов (ТБКРП) – по образованию окрашенного комплекса с тиобарбитуровой кислотой [10]. Уровень окислительной модификации белков (ОМБ) анализировали на основе реакции взаимодействия окисленных аминокислотных остатков белка с 2,4-динитрофенилгидразином [11]. Оптическую плотность образовавшихся 2,4-динитрофенилгидразонов регистрировали при следующих длинах волн: 346 нм и 370 нм (альдегидные (D346) и кетонные (D370) продукты окислительной модификации нейтрального характера), а также при 430 нм и 530 нм (альдегидные (D430) и кетонные (D530) продукты окислительной модификации основного характера). Полученные данные пересчитывали с учетом содержания белка в экстрактах тканей. Концентрацию белка определяли с использованием стандартного набора реактивов «ОЛЬВЕКС». Сравнительный анализ данных осуществляли по t-критерию Стьюдента.

Анализ биохимических параметров в тканях гидробионтов из севавтопольских бухт с разным уровнем загрязнения позволил выявить ряд особенностей (табл. 1-2).

Активность СОД и КАТ в гепатопанкреасе моллюсков из двух бухт не отличалась, тогда как содержание ТБК-реактивных продуктов и уровень окислительной модификации белков (ОМБ) при все длинах волн были достоверно выше у экземпляров из б. Александровской ($p < 0,05$) (табл. 1).

Таблица 1

Параметры прооксидантно-антиоксидантной системы в гепатопанкреасе двустворчатого моллюска *Mytilus galloprovincialis* из двух бухт города Севастополя

Параметр	Б. Казачья (n=15)	Б. Александровская (n=17)
СОД, ед. опт. плот./мг бел./мин	28,62±5,52	25,61±5,0
КАТ, мкмоль H ₂ O ₂ /мг белка/мин	8,78±1,17	7,89±1,47
ТБКРП, нмоль/мг бел.	27,1±1	34,86±4,56*
D346, ед. опт. плот./мг бел.	0,06±0,008	0,13±0,01*
D370, ед. опт. плот./мг бел.	0,06±0,008	0,13±0,02*
D430, ед. опт. плот./мг бел.	0,04±0,007	0,08±0,01*
D530, ед. опт. плот./мг бел.	0,02±0,004	0,05±0,01*

Примечание: *- различия достоверны по сравнению со значениями особей из б. Казачьей ($p < 0,05$)

В печени рыб из б. Александровской активность СОД, содержание ТБК-реактивных продуктов и уровень ОМБ при всех длинах волн значительно превышали соответствующие значения особей из б. Казачьей ($p < 0,05$). Для КАТ достоверных отличий не установлено (табл. 2).

Таблица 2.

Параметры прооксидантно-антиоксидантной системы в печени морского ерша *Scorpaena porcus* из двух бухт города Севастополя

Параметр	Б. Казачья (n=10)	Б. Александровская (n=18)
СОД, ед. опт. плот./мг бел./мин	5,32±1,25	8,89±1,14*
КАТ, мкмоль H ₂ O ₂ /мг белка/мин	2,06±0,29	1,76±0,15
ТБКРП, нмоль/мг бел.	5,70±0,71	9,28±1,30*
D346, ед. опт. плот./мг бел.	0,028±0,009	0,1±0,01*
D370, ед. опт. плот./мг бел.	0,043±0,006	0,11±0,002*
D530, ед. опт. плот./мг бел.	0,018±0,009	0,07±0,01*
D530, ед. опт. плот./мг бел.	0,006±0,002	0,02±0,004*

Примечание: *- различия достоверны по сравнению со значениями особей из б. Казачьей (p<0,05)

Прооксидантно-антиоксидантная система (ПАС) включает генерацию активных форм кислорода (АФК), инициирующих свободнорадикальные процессы, и антиоксидантную (АО) защиту посредством низкомолекулярных соединений и ферментов, функции которых заключаются в восстановлении продуктов перекисного окисления и поддержании концентрации АФК на низком, оптимальном для организма уровне. Баланс процессов свободнорадикального окисления и антиоксидантной защиты отражает адаптационные возможности и позволяет оценить ответные реакции организмов на неблагоприятные условия среды, а его смещение приводит к патологическим изменениям, повреждению молекулярных и клеточных структур [1, 12]. Повышение активности АО ферментов под воздействием неблагоприятных факторов часто рассматривают как показатель развития адаптивных изменений и усиления защитных реакций АО комплекса, направленных на снижение интенсивности свободнорадикального окисления (СРО) [2, 13]. Снижение АО активности и повышение показателей окислительного повреждения липидов (содержание ТБК-реактивных продуктов) и белков (уровень ОМБ), напротив, свидетельствует о сдвиге баланса про- и антиоксидантных реакций в сторону процессов СРО и ослаблению АО защиты [1, 12, 14, 15].

Обнаруженное в наших исследованиях повышение содержания ТБК-реактивных продуктов и уровня ОМБ в гепатопанкреасе мидий из б. Александровской может указывать на развитие окислительного стресса (табл. 1). В то же время, увеличение активности СОД на фоне повышенного содержания ТБК-реактивных продуктов и уровня ОМБ в печени морского ерша из Александровской бухты может свидетельствовать о компенсаторном характере адаптивной ответной реакции на загрязнение (табл. 2).

Таким образом, анализ полученных результатов свидетельствует об интенсификации свободнорадикального окисления в тканях исследованных гидробионтов-индикаторов из бухты Александровской, что может характеризовать экологическое состояние акватории как менее благополучное по сравнению с б. Казачьей. Ответная реакция на загрязнение морской среды у двустворчатого моллюска *Mytilus*

galloprovincialis проявляется в смещении проокислительно-антиокислительного равновесия в сторону усиления перекисных процессов, тогда как реакция ПАС морского ерша *Scorpaena porcus* носит адаптивный характер.

Данная работа выполнена при поддержке Российского Фонда Фундаментальных исследований и г. Севастополя в рамках научных проектов № 18-34-50005 («Наставник»), № 18-44-920010 («p_a»).

Список литературы:

1. Rudneva I.I. Advances in Marine Biology. Biomarker response of Black Sea Scorpion Fish *Scorpaena porcus* to Anthropogenic Impact / I.I. Rudneva, E.N. Skuratovskaya, I.I. Chesnokova, V.G. Shaida, T.B. Kovyrshina. Nova Science Publishers. Chapter 5. - 2016. - Vol. 1. - P. 119 – 145.
2. Малахова Л.В. Хлороорганические соединения в черноморском ерше *Scorpaena porcus* LINNAEUS, 1758 в акватории Севастополя: пространственное распределение и биологический отклик на уровень накопления загрязнителей / Л.В. Малахова, Е.Н. Скуратовская, Т.В. Малахова, А.Р. Болтачев, В.В. Лобко // Морской биологический журнал. - 2018. - Т. 3., №4. - С. 51–63.
3. Немова Н.Н. Оценка состояния водных организмов по биохимическому статусу / Н.Н. Немова, О.В. Мещерякова, Л.А. Лысенко, Н.Н. Фокина // Труды КарНЦ. - 2014. - № 5. - С. 18 – 29.
4. Лукьянова О. Н. Интегральный биохимический индекс состояния водных организмов в условиях загрязнения / О.Н. Лукьянова, В.П. Корчагин // Известия Российской академии наук. Серия биологическая. - 2017. - №. 2.- С. 174-180.
5. Adams S.M. A Quantitative health assessment index for rapid evaluation of fish condition in the field / S.M. Adams, A.M. Brown, R.W. Geode // Trans. Amer. Fish Soc. - 1996. - V. 22. - P. 63-73.
6. Терещенко Н.Н. Радиохимическое состояние бухты Казачья (Чёрное море) в отношении токсичных металлов Hg, ⁹⁰Sr, ^{238,239,240}Pu и ²¹⁰Po / Н.Н. Терещенко, Г.Е. Лазоренко, Н.Ю. Мирзоева, В.Н. Егоров, О.В. Плотицына // Морской экологический журнал. – 2014. - Т. 13, № 3. - С. 59-74.
7. Осадчая Т.С. Нефтяные углеводороды в донных осадках прибрежных акваторий г. Севастополя (Черное море) / Т.С. Осадчая // Scientific research and their practical application. Modern state and ways of development 2013. <http://www.sworld.com.ua/index.php/ru/conference/the-content-of-conferences/archives-of-individual-conferences/oct-2013>.
8. Nishikimi M. The occurrence of superoxide anion in the reaction of reduced phenazine / M. Nishikimi, N.A. Rao, K. Yagik // Biochem. Biophys. Res. Commun. – 1972. - V. 46 (2). – P. 849 -854.
9. Королюк М.А. Метод определения активности каталазы / М.А. Королюк, Л.И. Иванова, И.Г. Майорова, В.Е. Токарев // Лабораторное дело. - 1988. - № 1.- С. 16-19.
10. Стальная И.Д. Метод определения малонового диальдегида с помощью тиобарбитуровой кислоты / И.Д. Стальная, Т.Г. Гаришвили // Современные методы в биохимии. М.: Медицина, 1977. – С. 66-68.
11. Дубинина Е.Е. Окислительная модификация белков / Е.Е. Дубинина, И.В. Шугалей // Усп. совр. биологии. – 1993. – Т. 113, вып. 1. – С. 71 – 81.
12. Е.Б. Меньщикова. Окислительный стресс. Проокислители и антиокислители / Е.Б. Меньщикова, В.З. Ланкин, Н.К. Зенков, И.А. Бондарь, Н.Ф. Круговых, В.А. Труфакин. М.: Фирма «Слово», 2006. 556 с.
13. Regoli F. Oxidative pathways of toxicity and oxidative stress biomarkers in marine organisms / F. Regoli, M. Giuliani // Mar. Environ. Res. - 2014. - V. 93. - P. 106—117.

14. Welker A.F. Role of redox metabolism for adaptation of aquatic animals to drastic changes in oxygen availability / A.F. Welker, D.C. Moreira, E.G. Campos, M. Hermes-Lima // Comparative Biochemistry And Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology. - 2013. - V. 165, № 4. - P. 384–404.
15. Dagnino A. Development of an expert system for the integration of biomarker responses in mussels into an animal health index / A. Dagnino, J.I. Allen, M.N. Moore, K. Broeg, L. Canesi, A. Viarengo // Biomarkers. – 2007. –V. 12 (2). – P. 155-172.

**ASSESSMENT OF THE CONDITION OF SEVASTOPOL COASTAL
AQUATORIA BY THE REACTIONS OF THE PROOXIDANT-ANTIOXIDANT
SYSTEM OF HYDROBIONTS-INDICATORS**

**E.N. Skuratovskaya^{1,2}, I.I. Chesnokova¹, T.B. Sigacheva¹, O.L. Gostuhina¹,
T.I. Andreenko^{1,2}, D.A. Prohorova¹, A.A. Paraskiv¹, A.D. Serbin³**

¹*A.O. Kovalevsky Institute of the Marine Biological Research RAS, Sevastopol,
299011, Russia, e-mail: skuratovskaya2007@rambler.ru*

¹*Sevastopol State University, University street, 33, Sevastopol, 299053, Russia,*

³*Unior Academy of Science, Sevastopol, 299055, Russia, e-mail: ggluk83@mail.ru*

Abstract

Parameters of the prooxidant-antioxidant system of two indicator species - bivalve mollusk *Mytilus galloprovincialis* and European black scorpionfish *Scorpaena porcus* caught in Sevastopol bays with different levels of pollution (Kazach'ya Bay, Alexandrovskaya Bay) were studied. The obtained results indicated the intensification of free radical oxidation in the tissues of hydrobionts-indicators from Aleksandrovskaya Bay. The response of *Mytilus galloprovincialis* to the marine environment pollution was manifested in a shift of prooxidant-antioxidant equilibrium towards an increase in peroxidation processes. The reaction of the prooxidant-antioxidant system of *Scorpaena porcus* was adaptive. The results can characterize the ecological state of Aleksandrovskaya Bay as less welfare compared to Kazach'ya Bay.

УДК 621.039.58

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЯДЕРНОЙ И РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ЯДЕРНЫХ УСТАНОВОК

С.Л. Смольский¹, А.В. Коротынский¹, Е.С. Крюков¹,

*Федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-исследовательский центр «Курчатовский институт – Петербургский институт ядерной физики»,
г. Гатчина 188300, Россия; e-mail: korotynsky_av@pnpi.nrcki.ru.*

Необходимость создания, использования и развития исследовательских ядерных установок (далее – ИЯУ) продиктована требованиями настоящего времени. Без проведения фундаментальных и прикладных исследований на ИЯУ для различных областей развития страны невозможно обойтись в динамично развивающемся мире.

ИЯУ, вне зависимости от их назначения, выполняемых задач, конструктивных особенностей, технических и эксплуатационных характеристик и параметров, являются сложными технологическими объектами (далее – СТО), к которым обоснованно предъявляются жесткие требования по ядерной и радиационной безопасности (далее – ЯРБ) с целью обеспечения защищённости людей, их здоровья и окружающей среды от воздействия ионизирующего излучения.

Указанные требования определяются Федеральным законодательством, постановлениями Правительства РФ, нормами и правилами в области использования атомной энергии, санитарными правилами, локальными нормативными актами и организационно-распорядительными документами эксплуатирующих организаций.

В качестве примера организации обеспечения ЯРБ ИЯУ приводится федеральное государственное бюджетное учреждение «Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» (далее – Институт), являющееся многопрофильным научным центром, ведущим фундаментальные и прикладные исследования в области физики элементарных частиц и высоких энергий, ядерной физики, физики конденсированного состояния, молекулярной и радиационной биофизики.

В Институте расположены следующие ядерно и радиационно опасные объекты:

1. Комплекс с исследовательским ядерным реактором ВВР-М (РК ВВР-М) с находящимся на его территории комплексом с критическим ядерным стендом «Физическая модель реактора ПИК» (КС ФМ ПИК).

2. Комплекс с исследовательским ядерным реактором ПИК (РК ПИК).

3. Комплекс радиационных источников, включающий:

- комплекс отделения молекулярной и радиационной биофизики (ОМРБ);
- комплекс синхроциклотрона;
- комплекс «ИРИС»;
- комплекс синхроциклотрон СЦ-1000;
- комплекс циклотронный Ц-80;
- радиационные источники – установки;
- радиационные источники – аппараты;
- радиационные источники – оборудование;
- радиационные источники – изделия.

Деятельность ОИАЭ ведется на основании выданных Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору лицензий:

- на эксплуатацию комплекса с исследовательским ядерным реактором ВВР-М № ГН-03-108-3379 от 06.07.2017;

- на эксплуатацию комплекса с исследовательским ядерным реактором ПИК № ГН-03-108-3378 от 06.07.2017 с изменением №1 от 28.12.2018;

- на эксплуатацию комплекса с критическим ядерным стендом «Физическая модель реактора ПИК» № ГН-03-108-3373 от 26.06.2017;
- на сооружение комплекса с исследовательским ядерным реактором ПИК № ГН-02-108-3377 от 06.07.2017;
- на эксплуатацию не относящихся к ядерным установкам комплексов, установок, аппаратов, оборудования и изделий, в которых содержатся радиоактивные вещества или генерируется ионизирующее излучение № СЕ-03-210-4285 от 22.05.2017;
- на право обращения с радиоактивными отходами при их хранении, переработке и транспортировании № ГН-07-602-3501 от 17.04.2018.

Обеспечение ЯРБ осуществляется путем реализации комплекса организационных и технических мер, а именно:

1. Наличием и исполнением требований локальных нормативных актов Института, включающих в себя:

- приказы, указания о персональной ответственности на ОИАЭ за:
 - обеспечение ядерной безопасности;
 - обеспечение радиационной безопасности;
 - безопасное обращение с ядерными материалами (далее – ЯМ), радиационными веществами (далее – РВ) и радиоактивными отходами (далее – РАО);
 - учет, контроль и хранение ЯМ, РВ и РАО;
 - составление и отправку отчетных документов в систему государственного учёта и контроля РВ и РАО;
 - радиационный контроль;
 - учет и контроль индивидуальных доз облучения;
 - обеспечение средствами индивидуальной защиты;
 - обеспечение безопасной эксплуатации зданий, сооружений, оборудования, трубопроводов и т.д.

- регламенты, положения, инструкции, программы, методики по:
 - обеспечению ядерной безопасности на ИЯУ;
 - обеспечению радиационной безопасности;
 - производству работ на ОИАЭ;
 - радиационному контролю;
 - учету и контролю ЯМ;
 - учету и контролю РВ и РАО;
 - эксплуатации систем (элементов), важных для безопасности ИЯУ;
- положения о структурных подразделениях;
- должностные и рабочие инструкции;
- систему анализа требований нормативно-технической документации, приведения заявленной деятельности эксплуатирующей организации в их соответствие, контроля и отслеживания их выполнения.

2. Техническими мерами, включающими в себя:

- заложенные проектные и конструкторские решения;
- наличие технических решений, направленных на улучшение обеспечения безопасности и модернизацию;
- обеспечение контроля состояния радиационной обстановки на ОИАЭ и в районе их размещения;
- проведение проверок, технического обслуживания и планово-предупредительного ремонта оборудования и элементов СВБ;
- проведение технического освидетельствования элементов конструкции ИЯУ;
- продление сроков эксплуатации (замена) элементов, выработавших ресурс;
- вывоз отработанного ядерного топлива и РАО.

3. Наличием в структуре Института отдельного подразделения - управления ядерной и радиационной безопасности, которое включает в себя профильные отделы и центры, выполняющие задачи:

- учёта и контроля ядерных материалов, радиоактивных веществ и радиоактивных отходов, контроля ядерной безопасности;
- радиационного контроля;
- обеспечения наличия требуемых лицензий, контроля исполнения требований условий действий имеющихся лицензий, контроля качества, производственного контроля: химического контроля, контроля металлов;
- обеспечения подбора, подготовки, обучения персонала, повышения квалификации сотрудников;
- сопровождения вопросов комплексной безопасности опасных технических объектов.

Надзор за деятельностью ОИАЭ по обеспечению ЯРБ, периодическая отчетность о её состоянии и оценке в надзорные органы и в орган управления использованием атомной энергии (Минобрнауки РФ) обеспечивается:

- специально созданными в Институте комиссиями для проверки учета и контроля ЯМ, РВ и РАО, состояния ядерной безопасности;
- Северо-Европейским межтерриториальным управлением Ростехнадзора в режиме постоянного государственного надзора.

С целью обеспечения радиационной безопасности ближайших населённых пунктов и окружающей среды определена санитарно-защитная зона (СЗЗ) Института. В СЗЗ в соответствии с утвержденными программами ведется радиационный контроль.

Кроме того, осуществляемая в настоящее время разработка автоматизированной системы мониторинга радиационной обстановки (АСМРО) на современной элементной базе позволит значительно повысить качество радиационного контроля на территории Института и в его СЗЗ.

Результаты оценки состояния ЯРБ в настоящее время позволяют сделать вывод о том, что ЯРБ в Институте находится на должном уровне. Тем не менее, вопросы развития системы обеспечения ЯРБ являются приоритетными в деле развития деятельности Института и его ИЯУ.

Особое внимание уделяется подбору и подготовке персонала, поддержанию и повышению квалификации работников.

В декабре 2018 года было получено изменение № 1 в УДЛ Ростехнадзора от 06.07.2017 № ГН-03-108-3378, дающее право на эксплуатацию комплекса с ИЯР ПИК на мощности до 100 кВт. В соответствии с измененными условиями действия лицензии проведены работы в рамках первого и второго подэтапов первого этапа «Программы энергетического пуска исследовательской ядерной установки ПИК» (далее- Программа), а именно:

- загрузка ядерного топлива в активную зону. Выход в критическое состояние;
- испытания в режиме освоения мощности до 100 кВт.

В настоящее время проводятся работы по подготовке к третьему подэтапу первого этапа Программы - Испытания в режиме освоения мощности до 10 МВт.

ENSURING NUCLEAR AND RADIATION SAFETY OF RESEARCH NUCLEAR INSTALLATIONS

**S.L. Smolsky¹, A.V. Korotynsky¹, V.P. Maschetov¹, V.A. Platovskiy¹, A.S. Zakharov¹,
Y.S. Kryukov¹, S.V. Vorobyov¹, A.S. Poltavskiy¹**

*Federal state budgetary institution "Research center "Kurchatov Institute –
St. Petersburg Institute of nuclear physics", Gatchina 188300, Russia,
e-mail: korotynsky_av@pnpi.nrcki.ru*

Abstract

Like all nuclear facilities, nuclear research facilities (NWS) are sources of nuclear and radiation hazards. Despite the lower power and, consequently, fewer radioactive substances produced during the operation of the nuclear power plant, their potential danger to the population and the environment is high

In the report (article) on the example of the Federal state budgetary institution "Petersburg Institute of nuclear physics. B. P. Konstantinova of the national research center "Kurchatov Institute" highlighted the issues of nuclear and radiation safety of nuclear research facilities (NWS) in order to eliminate the harmful effects of ionizing radiation on the population and the environment.

Nuclear and radiation safety is ensured by a set of measures, including:

- local normative acts, including orders, guidance, etc. of personal responsibility on the objects of use of atomic energy (nuclear facilities), reporting documents for the System of state accounting and control of radioactive substances and radioactive waste;

- technical measures, including design, engineering, technical solutions aimed at improving safety and modernization, as well as monitoring of the radiation situation on the site and in the area of their placement, inspections, technical inspection of structural elements of the facility, maintenance and preventive maintenance of equipment and elements of the SVB;

- organizational measures, including the establishment of units of the Department of nuclear and radiation safety for the purpose of accounting and control of nuclear materials, radioactive substances and radioactive waste, individual dosimetric control, radiation control of the environment, operational radiation control, etc.

Implementation of annual supervision by the internal Commission of the organization operating objects of use of nuclear energy and North-European interterritorial management of Rostekhnadzor (in the mode of constant state supervision) is an indispensable component of ensuring nuclear and radiation safety of the facility.

In order to ensure radiation safety of the nearest settlements, the size of the sanitary protection zone has been determined. Radiation monitoring within the sanitary protection zone is carried out in accordance with the approved programs.

Thus, the issues of safety of nuclear power plants are a priority and are directly dependent on a set of the above factors in order to eliminate the potential danger to the population and the environment.

УДК 661.183.2

ПРОДУКТЫ ЩЕЛОЧНОЙ ОБРАБОТКИ КАРБОНИЗАТА РИСОВОЙ ШЕЛУХИ

Со Вин Мьинт, Аунг Хтут Тху, В.Н. Клушин

*Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева,
г. Москва, 125047, Миусская пл, 9, Россия, e-mail: dvk1971april@mail.ru*

Выращивание риса – одно из ведущих направлений сельскохозяйственного сектора национальной экономики республики Союз Мьянма [1, 2]. Переработку его урожая сопровождает образование весьма значительных масс лужги или рисовой шелухи (РШ) – обременительных отходов, практически не находящихся полезного использования. Многие источники научно-технической информации свидетельствуют о возможности реализации ряда направлений эффективного использования этих отходов, включая их переработку с получением диоксида кремния весьма высокой чистоты, жидкого стекла, углеродминеральных (кремнеуглеродных) адсорбентов различного качества, активных углей и других продуктов [3-9]. Однако ресурсы РШ существенно превосходят имеющиеся в них потребности. Наряду с этим в этой стране весьма насущны проблемы очистки и обезвреживания многочисленных сбросов и выбросов различных производств, являющихся основой государственной экономики, но производства микропористых углеродных поглотителей типа активных углей – адсорбентов, обеспечивающих возможность их глубокой очистки и обезвреживания, практически отсутствуют.

В настоящей работе выполнена оценка рациональных условий и эффективности переработки карбонизата образца РШ (рис. 1), доставленного из Мьянмы, с получением диоксида кремния и активного угля путем химической активации с хлоридом цинка.



Рис. 1. Массив рисовой шелухи

С этой целью путем поочередного пиролиза в лабораторном реакторе трубчатого типа отдельных порций РШ (массой ~40 г) при идентичных условиях (интенсивность нагревания 10 °С/мин до 650 °С без последующей изотермической выдержки), указанных в работе [10], был накоплен зауглероженный продукт (карбонизат), ряд показателей которого, как адсорбента, характеризуют данные табл. 1. В этой таблице V_{Σ} выражает суммарный объем пор материала, определенный по воде, V_s - объем его сорбирующих пор по парам веществ с различным размером молекул, F и $MГ$ –

величины поглощения йода и красителя метиленового голубого (все показатели определены с привлечением стандартных методик).

Таблица 1

Адсорбционно-технические свойства карбонизата РШ

Показатель	Выход, %	V _Σ , см ³ /Г	Величина V _s (см ³ /Г) по парам			Адсорбция, мг/Г	
			C ₆ H ₆	CCl ₄	H ₂ O	F	МГ
Значение	~50	1,00	0,09	0,02	0,08	68	160

Как следует из данных табл. 1, полученный карбонизат обладает явно выраженными адсорбционными свойствами, причем они могут быть существенно развиты, судя по имеющимся публикациям [11, 12], при обескремнивании этого материала и путем активации результирующего эту операцию зауглероженного остатка.

С целью выделения диоксида кремния из карбонизата РШ использован раствор NaOH концентрацией 31,818 г/л. Обработку отдельных навесок карбонизата (20 г) выполняли порциями этого раствора (220 мл) при перемешивании ($Re_m = 4250$) и температуре 95 °С в закрытой посуде (колбе, соединенной с обратным водяным холодильником) в течение 180 мин, обеспечивая таким образом массовое отношение реагента к карбонизата к реагенту 2,86:1 для того, чтобы обеспечить полную экстракцию диоксида кремния и получить максимальный модуль жидкого стекла [12]. После каждой операции охарактеризованной экстракции оставшийся карбонизат отделяли от раствора на бумажном фильтре и многократно промывали горячей (~90 °С) водой для удаления остаточных реагентов.

Сепарированный горячий (85 °С) раствор силиката натрия, образовавшийся согласно реакции $SiO_2 + 2NaOH = Na_2SiO_3 + H_2O$, обрабатывали горячей 0,1 н серной кислотой с целью выделения диоксида кремния в соответствии с взаимодействием, выражаемым реакцией $Na_2SiO_3 + H_2SO_4 = SiO_2 + Na_2SO_4 + H_2O$. Выпадающий в виде белых хлопьев осадок диоксида кремния отделяли от раствора сульфата натрия на бумажном фильтре, отмывали теплой водой для удаления солей и прокаливали при 850 °С, получая его в виде белого аморфного порошка, характеризующегося чистотой 98 %, насыпной плотностью 1,2 г/см³ и мезопористой структурой. Выход кремния от сырья при этом составлял 18 %.

Образцы сепарированного от раствора силиката, отмытого и высушенного до постоянной массы карбонизата (К) были пропитаны в течение суток хлоридом цинка в виде растворов, после чего высушены и подвергнуты пиролизу с интенсивностью нагревания 10 °С/мин до 650 °С. Свойства полученных активных углей характеризуют данные табл. 2.

Таблица 2

Показатели активных углей разных степеней пропитки активатором

Отношение ZnCl ₂ : К	Выход, %	V _Σ , см ³ /Г	Величина V _s (см ³ /Г) по парам			Адсорбция, мг/Г	
			C ₆ H ₆	CCl ₄	H ₂ O	F	МГ
0,75:1	25	1,00	0,25	0,21	0,06	635	351
1:1	25	1,02	0,28	0,22	0,07	635	340
2:1	21	1,00	0,28	0,20	0,09	401	90
3:1	21	1,02	0,28	0,14	0,05	250	15

Данные табл. 2 указывают на целесообразность выбора в качестве оптимального отношения ZnCl₂ : К, равного 1:1. Характер влияния длительности изотермической выдержки при 650 °С материала, подвергаемого пиролизу, на показатели целевого

продукта, аналогичные таковым, приведенным в табл. 2, иллюстрирует информация, представленная в табл. 3.

Таблица 3

Показатели активных углей с отношением $ZnCl_2:K=1:1$, полученных в условиях различной длительности изотермической выдержки при 650 °С

Время выдержки, мин	Выход, %	V_{Σ} , cm^3/g	Величина V_s (cm^3/g) по парам			Адсорбция, мг/г	
			C_6H_6	CCl_4	H_2O	F	MГ
0	25	1,00	0,25	0,21	0,06	635	352
30	26	1,01	0,28	0,22	0,16	635	340
60	80	0,92	0,14	0,09	0,22	698	45
180	82	0,74	0,15	0,11	0,14	635	22

Анализ сведений, приведенных в табл. 3, указывает на нецелесообразность изотермической выдержки для изученного процесса химической активации карбонизата РШ.

Список литературы:

1. Экономика Мьянмы. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD...> (дата обращения: 08.10.2017).
2. Экономика Мьянмы. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://Myanmar.mid.ru/ekonomika-m-anmy> (дата обращения: 08.10.2017).
3. Сергиенко В.И., Земнухова Л.А., Егоров А.Г., Шкорина Е.Д., Василюк Н.С. Возобновляемые источники химического сырья: комплексная переработка отходов производства риса и гречихи. Российский химический журнал (Журнал Российского химического общества им. Д.И. Менделеева, 2004, том XLVIII, № 3, с. 116-124).
4. Шевелева И.В., Холомейдик А.Н., Войт А.В., Земнухова Л.А. Сорбенты на основе рисовой шелухи для удаления ионов Fe (III), Cu (II), Cd (II), Pb (II) из растворов. Химия растительного сырья, 2009, № 4, с. 171-176.
5. Использование рисовой шелухи для производства высокочистого аморфного диоксида кремния. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.saveplanet.su/tehn_377.html (дата обращения: 11.09.2015).
6. Извлечение рения из серноокислых растворов активными углями из рисовой шелухи. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://elib.kazntu.kz/sites/default/files/articles/32_karabaev_2008_5.pdf (дата обращения: 13.11.2015).
7. Khalil L.B. Adsorption characteristics of activated carbon obtained from rice husks by treatment with phosphoric acid // Adsorpt. Sci. and Technol., 1996, v. 13, № 5, pp. 317-325.
8. Биосорбенты на основе карбонизованных абрикосовых косточек и рисовой шелухи. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://avtoreferats.com/article/view/id/17043> (дата обращения: 7.02.2016).
9. Биогаз – из рисовой шелухи. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.newsfactory.kz/10485.html> (дата обращения: 6.08.2015).
10. Си Тху Аунг, Со Вин Мьинт, Клушин В.Н. Особенности деструкции рисовой шелухи – отхода предприятий Республики Союз Мьянма и ее карбонизата Успехи в химии и химии-ческой технологии, М.: 2017, том XXXI, № 9 (190), с. 45-47.
11. Елецкий П.М. Синтез и исследование углерод-кремнеземных нанокмполитов, мезо- и микропористых углеродных материалов из высокозольной биомассы. Дисс. к.х.н. Новосибирск, 2009. – 115 с.

12. Aung Htut Thu, A.I. Zakharov Preparation of Inorganic Binder for Cold-Hardening / Refractories and Industrial Cereamics, September 2018, v. 59, Issue 3, pp. 313-317.

ALKALI PROCESSING FOR CARBONIZED OF RICE HUSK

Saw Win Myint, Aung Htut Thu, V.N. Klushin

Russians University of Chemical Technology DI. Mendeleev,

Moscow, 125047, Miusskaya square, 9, Russia, e-mail: dvk1971april@mail.ru

Abstract

The results of the study of the pyrolysis process of a sample of rice husk, taken at one of the food enterprises of Myanmar, the processing of the carbonized carbonate obtained with caustic alkali to desilify it, followed by the production of silica and chemical activation using zinc chloride of the separated carbonized pyrolysis product are presented. The yield and quality of the products obtained are characterized.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЮСТИРОВКИ ФАЦЕТ ГЕЛИОСТАТОВ БОЛЬШОЙ СОЛНЕЧНОЙ ПЕЧИ УЗБЕКИСТАНА

Ю.Б. Собиров¹, А.А. Абдурахманов²

*Институт материаловедения НПО «Физика-солнце» АН РУз,
Ташкент, 100084, Узбекистан, e-mail: ¹yuldash64@inbox.ru; ²jabor@uzsci.net*

Большая солнечная печь (БСП) института Материаловедения НПО «Физика-солнце» АН РУз является крупногабаритной, многозеркальной, высокотемпературной установкой [1]. БСП состоит из 62 гелиостатов с отдельными зеркалами – фацетами 12090 штук и параболического концентратора с фацетами -10700 штук. Энергетические характеристики в фокальной зоне концентратора БСП зависят от состояния юстировки этих зеркал [2].

Юстировка фацет гелиостатов с помощью авторефлексионной марки [3] позволяет проводить плоские фацеты гелиостатов с большой точностью, погрешности меньше 1 угловой минут. В процессе эксплуатации БСП, юстировка отдельных отражающих поверхностей ЗКС - фацет гелиостатов нарушается. Разъюстировка становится заметной (3-4 угл.мин.) уже в течение двух-трех месяцев их работы. Поэтому одной из сложных проблем эксплуатации БСП является сохранение первоначальной юстировки, т.е. систематическая оценка точности и, если необходимо, доюстировка фацет 62 гелиостатов. Контроль и юстировка фацет гелиостатов осуществляется при помощи авторефлексионной марки, установленной на концентраторе БСП (см. рис.1).

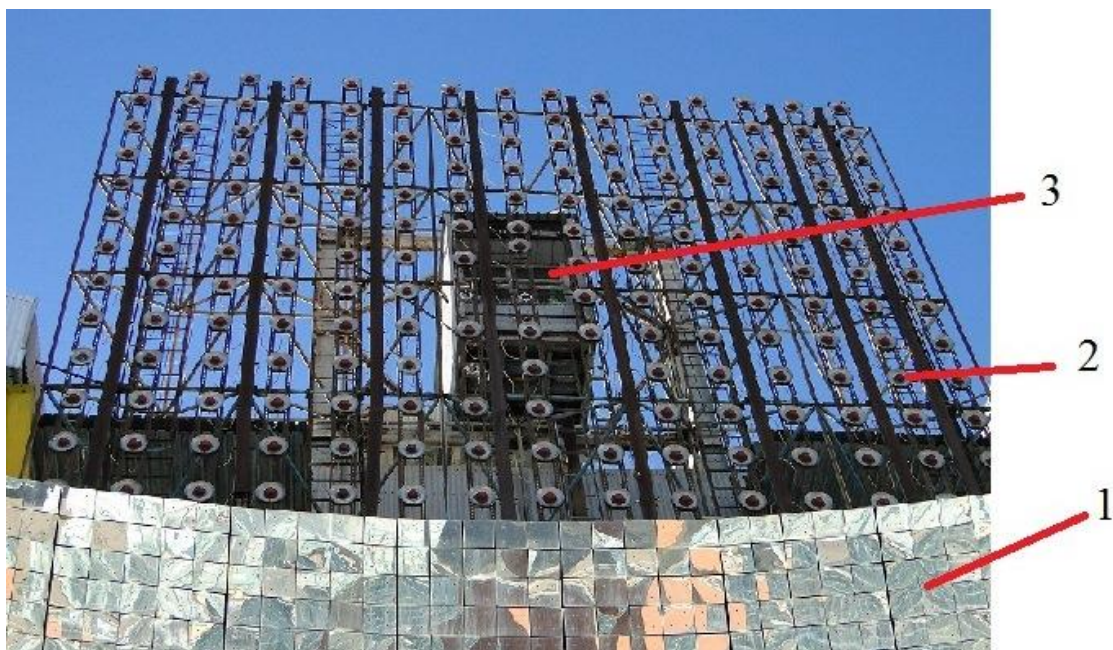


Рис. 1. Авторефлексионная марка установленная на концентраторе БСП.
1-концентратор БСП, 2-марка, 3- лабораторная комната юстировщика.

При юстировке этим методом на каждой фацете гелиостата через зрительные трубы рассматривается соответствующая визирная цель марки. При этом включается подсветка визирной цели, соответствующая юстируемой фацете, и по команде оператора, находящего у зрительной трубы, юстировщик разворачивает фацету до тех пор, пока изображение визирной цели не будет совмещено с перекрестием, начерченным на ее поверхности. Затем подсветка визирной цели отъюстированной фаце-

ты выключается и включается подсветка следующей визирной цели юстируемой факеты.

Для оценки состояния факет гелиостатов до юстировки оператор составляет карту-сетку видимого изображения каждой визирной цели на соответствующей факете гелиостата. Отметим, что каждый из 62 гелиостатов БСП состоит из 195 отдельных факет с размерами 50x50 см и объективная оценка состояния юстировки каждой факеты и её запись на карте занимает много времени оператора и носит качественный характер.

С целью, повышения производительности, уменьшения трудоёмкости работы и получения объективной оценки состояния юстировки, нами усовершенствован метод юстировки факет гелиостатов на базе Системы Технического Зрения (СТЗ) [4,5]. Общая схема этого метода представлена на рис.2.

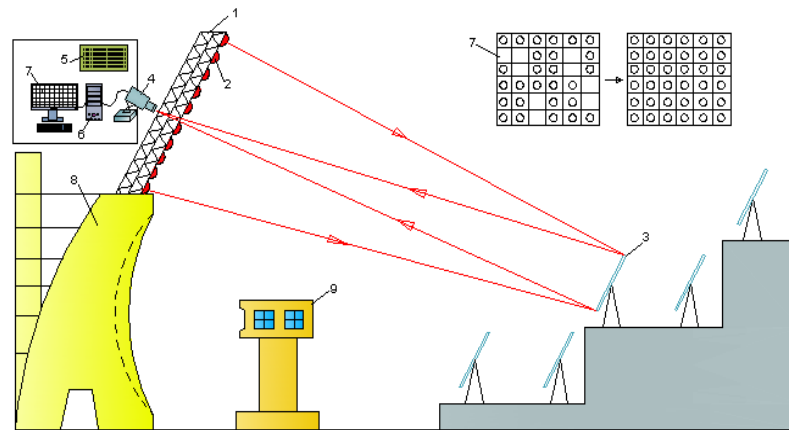


Рис.2. Юстировка факет гелиостатов с помощью СТЗ. 1-авторефлексионная марка, 2-красные лампы – марки, 3-гелиостат, 4-СТЗ, 5-пульт для переключения ламп, 6-ПЭВМ, 7-изображение лампы на экране компьютера до и после юстировки.

После установки соответствующего гелиостата на авторефлексионную марку, изображение марки через видеокamеры выводится на экран монитора ЭВМ.

Для оценки положения отражающей поверхности достаточно снимать изображение подсветок, когда гелиостат ориентирован на авторефлексионную марку.

Таким образом, усовершенствованный метод юстировки факет гелиостатов имеет следующие достоинства:

- позволяет оперативно быстро получать данные о состоянии юстировки факет гелиостатов по всему гелиополю;
- наглядно и эффективно проводить процесс юстировки составных факет гелиостатов.

Усовершенствование обработки юстировочных данных. Наряду усовершенствованием процесса юстировки нами проведено усовершенствование обработки результатов юстировки с помощью компьютерной программы. Для этого оператор, находящийся в авторефлексионной марке, вводит информацию о состоянии юстировки каждой факеты данного гелиостата в файл. При этом оператор оценивает отклонение марки (красной лампы) от расчетной точки в сантиметрах.

Далее оператор запускает разработанную нами программу для обработки данных. Программа запрашивает в диалоговом режиме следующие данные: число, месяц, год, номер юстируемого гелиостата, состояние юстировки «до» или «после».

Далее программа находит коэффициент погрешности «sigma». Этот коэффициент переводит линейное отклонение марки от расчетного значения к угловым минутам.

Далее программа обрабатывает данные и выводит результаты расчета в виде таблицы.

На основе полученных данных можно построить графики, гистограммы и пр. для анализа состояния юстировки facets гелиостатов БСП.

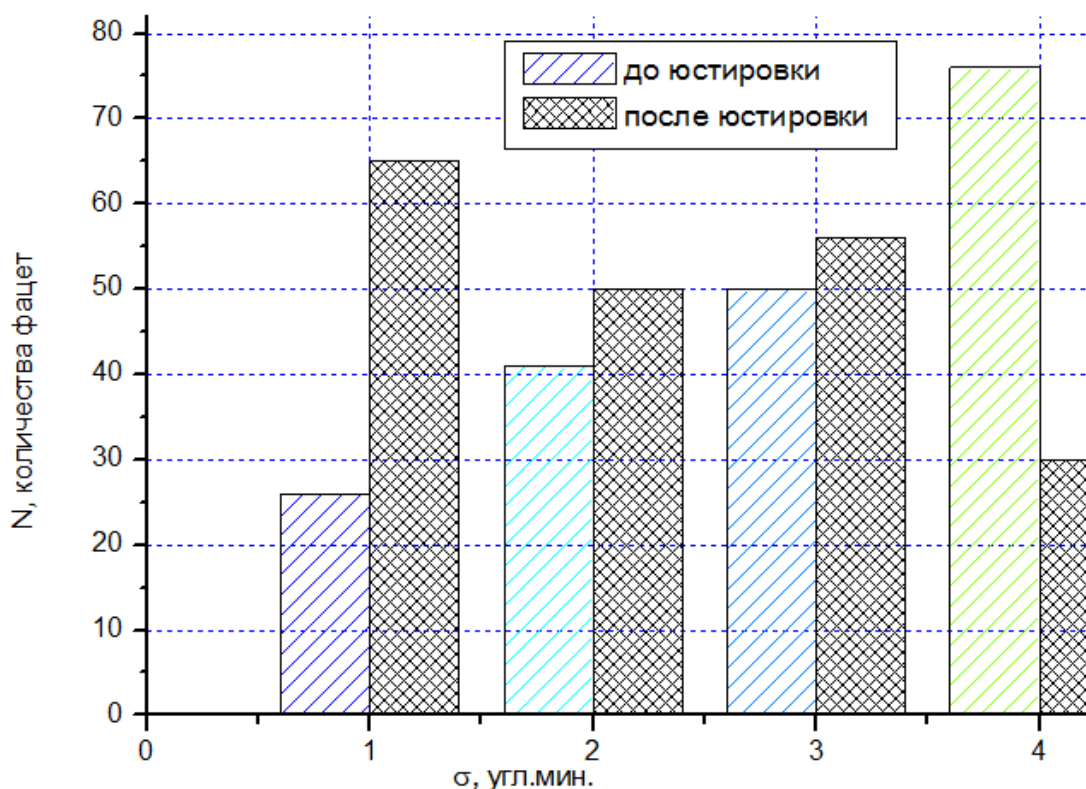


Рис.3. Гистограмма состояние юстировки 46-гелиостата до и после проведения юстировки facets гелиостата авторефлексионным методом.

Измерения энергетических характеристик гелиостатов проводятся до и после процесса юстировки (см. рис.4, 5).

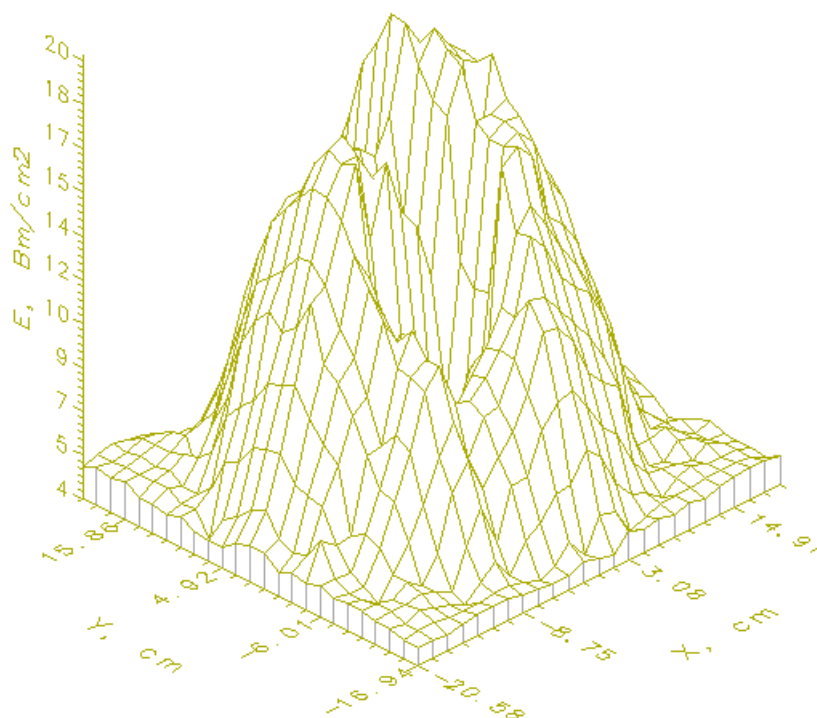


Рис.4. Распределения энергии от 27-гелиостата до юстировки.

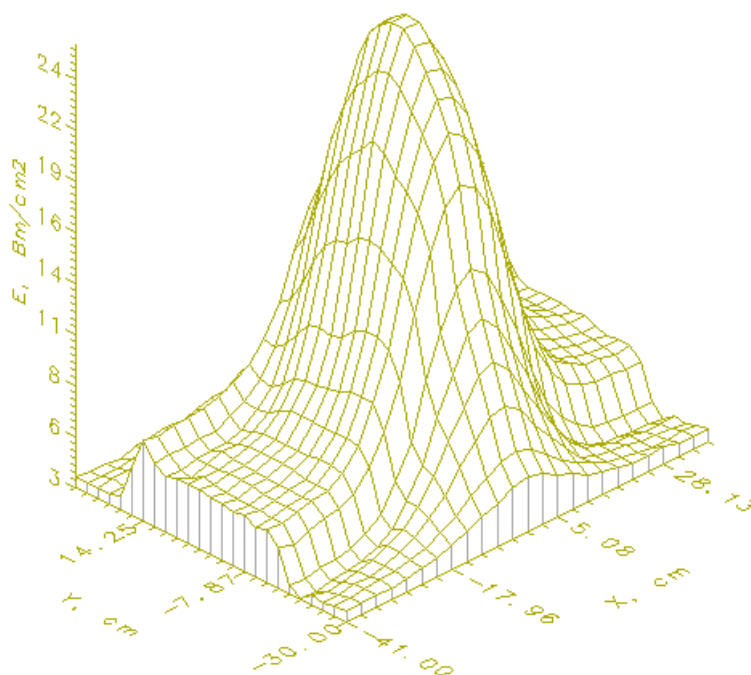


Рис.5. Распределения энергии от 27-гелиостата после юстировки.

Как видно из рис. 4÷5 энергетический эффект от юстировки facets гелиостатов составляет:

$$E_{эф} = \frac{25 - 21}{21} = 19\%$$

Таким образом, усовершенствование метода юстировки facets гелиостатов позволяет:

- наглядно и объективно проводить процесс юстировки;
- проводить качественную и количественную оценку эффекта от юстировочных работ на ЭВМ;
- создать банк данных о состоянии юстировки facets гелиостатов;
- определить facets, подлежащих к замене из-за большой поверхностной ошибки.

В целом внедрение новых указанных выше методов на БСП позволяет эффективно контролировать её оптико-энергетические характеристики.

Эта работа выполнена в рамках проекта ФА-Атех-2018-(420+85) «Разработка комплекса научно-технической документации по созданию лаборатории для проведения сертификационных ускоренных испытаний на лучевую стойкость материалов, узлов и изделий новой техники» при поддержке Министерство Инновационного развития Республики Узбекистан.

Список литературы:

1. Абдурахманов А. и др. Аналитические подходы расчета распределения плотности лучистого потока от Солнца для параболоцилиндрических зеркально-концентрирующих систем. // Гелиотехника. 2016. №2. С.50-54.
2. Кучкаров А.А., Собиров Ю.Б. и др. Методика совмещения оптической оси датчиков слежения гелиостатов с главной оптической осью концентратора. // Гелиотехника. // Гелиотехника. 2016. №3. С.31-36.
3. Абдурахманов и др. Авторское свидетельство №1815532. Способ юстировки гелиостатов авторефлексионной маркой. Зар. 11.10.1992.
4. Абдурахманов А.А. и др. Система технического зрения для оперативного контроля энергетических характеристик Большой Солнечной Печи // Гелиотехника. 1994. №6. С.30-32.

5. Абдурахманов А. и др. Метод измерения и контроля оптико-геометрических характеристик зеркал и стекол // Гелиотехника. 2003. №1. С.72-75.

IMPROVEMENT OF THE PROCESS OF ADJUSTMENT OF THE FACET OF HELIOSTATS OF THE BIG SOLAR FURNACE OF UZBEKISTAN

Yu.B. Sobirov¹, A.A. Abdurakhmanov²

¹Institute of Materials Science, SPA "Physics-Sun", Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, 100084, Uzbekistan, e-mail: ¹yuldash64@inbox.ru, ²jabbor@uzsci.net

Abstract

This paper presents an improved method for adjusting individual mirrors –facets of heliostats of a large solar furnace (LSF) with a heat output of 1000 kW in Uzbekistan. Due to the fact that a large solar furnace consists of 22,790 pieces of individual mirrors, the adjustment - setting a specific geometric position of these mirrors is very important. The process of adjusting the mirrors is very time consuming and lengthy. Often exactly the adjustments are influenced by subjective factors by the aligners. In order to improve the performance and accuracy of the alignment, the facet of heliostats has applied the Technical Vision System (TVS), as well as improved the process of assessing the state of alignment and the processing of alignment data. The TVS consisting of a video camera, an interface, a personal computer and special software allows you to visually and accurately assess the alignment conditions of the heliostat facets before and after the alignment process. Allows you to save the data in computer memory for further processing and analysis. Allows you to create a database of the alignment status of each of the 62 heliostats of LSF. Special software developed by us allows you to quickly and accurately determine the deviations of the heliostat facets from the calculated geometric points in angular minutes. Based on the data obtained, you can build histograms, graphs, etc. for visual analysis of the heliostat alignment states before and after the alignment process.

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕСУРСА ВЕТРЯНОЙ ЭНЕРГИИ В УЗБЕКИСТАНЕ

Ю.Б. Собиров^{1,2}, И.А. Юлдошев², Т.Р. Жамолов², С.К. Шогучкаров²

¹*Институт материаловедения НПО «Физика-солнце» АН РУз,*

г. Ташкент, 100084, Узбекистан, e-mail: yuldash64@inbox.ru

²*Ташкентский государственный технический университет им. Ислама Каримова,*

г. Ташкент, 100174, Узбекистан

Известно, в будущем характерной чертой развития современной энергетики является широкое вовлечение энергодолгов страны возобновляемых источников энергии (ВИЭ). В ряде стран и регионов доля электроэнергии среди ВИЭ, генерируемой ветровыми станциями, составляет реальную конкуренцию традиционной энергетике [1]. Оценка глобального потенциала ветровой энергии на поверхности Земли составляет около 1200 ТВт. Ветроэнергетика присутствует сегодня в более чем 79 странах, из которых 24 страны имеют более 1 ГВт установленной ветроэнергетической мощности. В Дании за счет энергии ветра производится 20% электроэнергии, в Испании этот показатель достиг 8%, в Голландии и Северных землях Германии 10%. Приводимые цифры показывают, что ветроэнергетика уже сегодня вносит значительный вклад в энергетический баланс ряда стран. Ожидается, что к 2020 г. доля вырабатываемой энергии только ВЭУ составит 15% от вырабатываемой электроэнергии, что составляет половину от общего прогноза использования альтернативных источников [2].

Для использования основных энергоресурсов ВИЭ в крупных промышленных масштабах в Узбекистане является солнечная, гидравлическая и энергия ветра. Локальное использование их на автономных энергоустановках (малонаселенных горных и сельских пунктах, удаленные мелкие потребители и т.д.) не рассматриваются в виду их малой доли в балансе электроэнергии в республике.

По условию их эффективности в качестве электрических станций, присоединяемые к электрической сети территориальных отделений ГЭК «Узбек-Энерго» и объему наличия для условий и климата Узбекистана, указанные выше ВИЭ по выработке электроэнергии расположены в указанном убывающем порядке.

Внедрение ВИЭ один из важнейших приоритетов перехода экономики республики Узбекистан на инновационные рельсы и экологически чистые технологии. Актуальность данного направления еще раз была подчеркнута в Указе Президента Узбекистана Ш.М. Мирзиёева от 26 мая 2017 года №ПП-30-12 «О Программе мер по дальнейшему развитию возобновляемой энергетики, повышению энергоэффективности в отраслях экономики и социальной сфере на 2017-2021 годы». Указ направлен на проведение научно-практических исследований и разработка программы мер по дальнейшему развитию возобновляемой энергетики, а также на практическое использование энергии ветра с учетом климатических особенностей регионов Узбекистана. В программе реализации Указа предназначены увеличение генерируемых мощностей ВИЭ до 2021 г. 1003,9 МВт, из них мощности гидроэнергетики на 601,9 МВт, солнечной энергетики на 300,0 МВт, ветровой энергетики на 102,0 МВт.

Основным сдерживающим фактором для широкого внедрения ветровой энергетики в Узбекистане является отсутствие стимулирующих мер для населения и промышленных потребителей, характерных для Германии, Голландии, Дании, США и Китая и, как следствие, высокие капитальные вложения, полностью ложащиеся на плечи потребителя. Другой существенной проблемой является отсутствие до сего-

дняшнего дня предприятий по выпуску ветровых генераторов различной мощности и комплектующих оборудований на основе самых современных технологий.

Поэтому инвесторы в тендерных проектах ветровой электростанции (ВЭС) ориентируются на использование дорогих импортных ветротурбин. Это повышает себестоимость электроэнергии, сдерживает развитие ветровой энергетики, необходимые решения снижения ВЭС являются производство ветроагрегатов в республике, с использованием местного сырья.

В работе [3÷5] изучены формирования ветровых потоков над территорией Узбекистана и их особенности, обусловленные орографическими параметрами территории и синоптическими процессам, протекающими в атмосфере, влияющие на характеристики ветровых потоков. При проектировании ВЭУ необходимо определения ветровой потенциал местности, где планируется строительство.

Ветряные электростанции (ВЭС) строят в местах, где скорость ветра составляет выше от 4,5 м/с. В настоящее время разных регионах Узбекистана действует шесть современных метеорологических станций для изучения солнечного и ветрового кадастра. Одна из шести современных метеостанций приведена на рис.1.



Рис. 1. Современная метеостанция, установленная в Паркентском регионе Ташкентской области.

В метеорологии для измерения скорости ветра применяется анемометры. По принципу действия различают механические анемометры, в которых движение газа приводит во вращение чашечное колесо или крыльчатку, тепловые анемометры, принцип действия которых основан на измерении снижения температуры нагретого тела (обычно накаливаемой проволоки), а работа ультразвуковых анемометров основана на измерении скорости звука в протекающем газе в зависимости от его скорости.

Чашечный анемометр является наиболее распространённым типом анемометров, который устанавливаются на стандартной высоте – 10 м (см. рис.1) для измерения скорости ветра. Как правило, головки малых ветроустановок находятся на высоте от 5 до 50 м. Для определения скорости v_z (на высоте z м) на этих высотах часто используют аппроксимационную формулу (1), в которую входит значение стандартной скорости ветра v_s , измеренное на высоте 10 м, а именно [6]:

$$v_z = v_s \left\{ \frac{z}{10} \right\}^b \quad (1)$$

где v_z – средняя скорость ветра на произвольной высоте z ,

v_s – скорость ветра на стандартной высоте.

Для открытых мест параметр $b=1/7=0,14$. Чем меньше значение параметра b , тем меньше будут различаться нагрузки, испытываемые лопастью ветроколеса в нижнем и верхнем положениях. Как известно, ветер является векторной величиной, которая

наряду с средним значением скорости, характеризуется ещё мгновенным значением – порывом. На рис. 2 и рис. 3 приведены результаты экспериментальных измерений порыва и средней скорости ветра, на Паркентской метеостанции МНР MS4-12-1. Они показывают статистический характер изменения этих параметров в течение месяца, что следует учесть при разработке возобновляемых источников энергии.

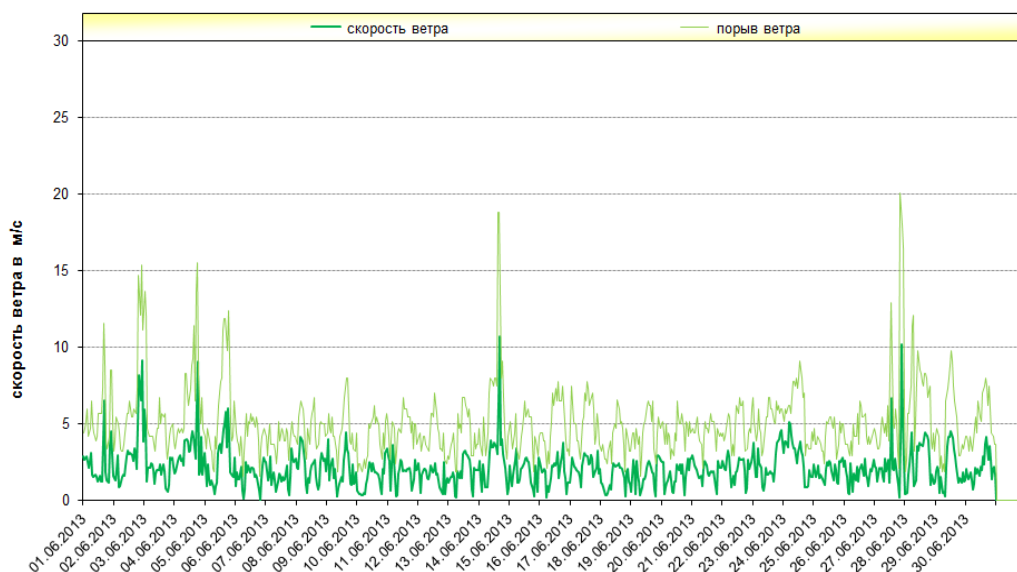


Рис. 2. Порыв и почасовые усредненные значения скорости ветра, измеренные Паркентской метеостанцией МНР MS4-12-1 в июне месяце 2013 года.

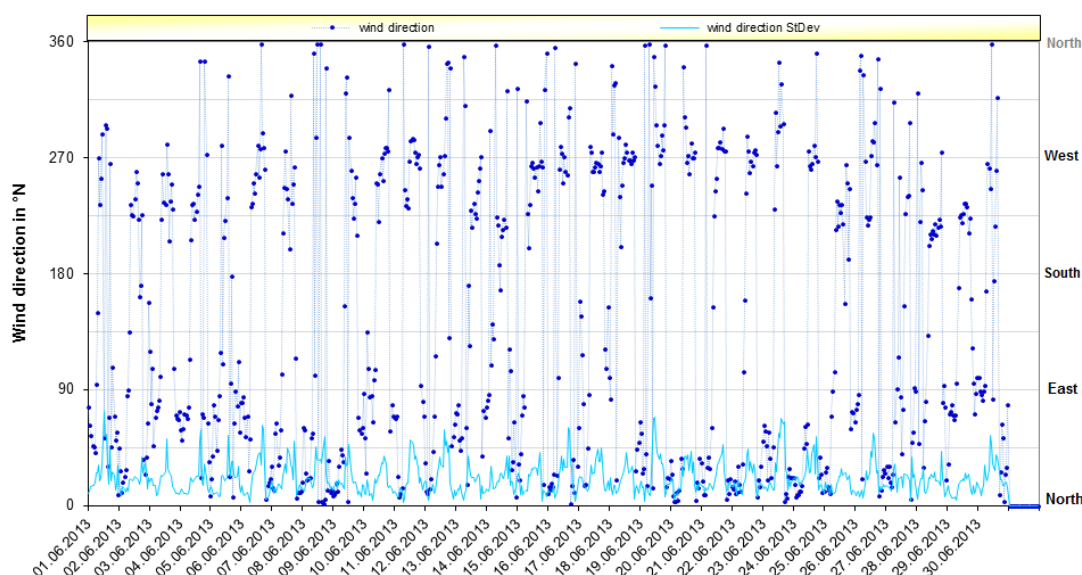


Рис. 3. Направления ветра, измеренные Паркентской метеостанцией МНР MS4-12-1 в июне месяце 2013 года (wind direction – направление ветра относительно севера, wind direction StDev - стандартное отклонение изменения направления ветра в пределах интервала измерения в градусах).

В 2010 году для изучения метеорологических условий на выбранной площадке в поселке Юбилейный Бостанлыкского района, была установлена метеорологическая мачта высотой 52 м. Анемометрические приборы в течение 1,5 года, круглосуточно с интервалом в 10 минут записывали метеорологические данные, которые в дальнейшем в Германии прошли обработку по специальной программе. В результате проведенных исследований была построена опытная ветровая энергоустановка мощностью 750 кВт в поселке Юбилейный, Бостанлыкского района, Ташкентской области (рис.4).

По результатам полученных данных было разработано проект, сформулированы технические требования на оборудование и осуществлено строительство опытный ВЭУ. Вырабатываемая электрическая энергия ВЭУ, будет поступать в единую энергетическую сеть.



Рис.4. Общий вид ВЭУ 0,75 МВт в Ташкентской области.

Для прогнозирования выработки электроэнергии сетевой или автономной ветровой электростанции необходимо оценки экономической целесообразности эффективности ВЭС. Основой для подобных оценок служат результаты показатели многолетнего мониторинга полученной на основе реальных данных.

Данные о выработки электроэнергии ВЭУ, соединенной с центральной сетью, фиксируется дистанционной системой мониторинга. Результаты мониторинга с октября 2017 г., по октябрь 2018 г. приведены на рис. 5.

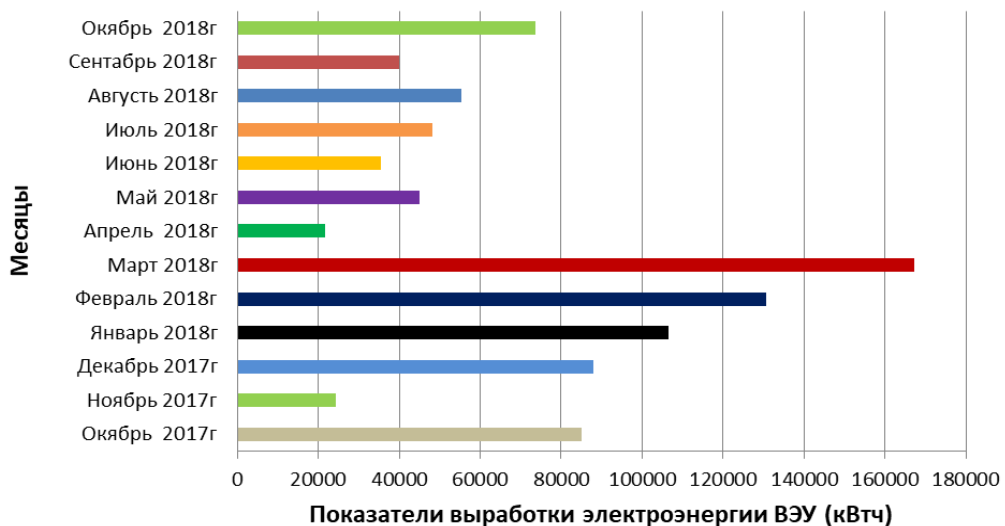


Рис.5. Показатели выработки электроэнергии ВЭУ мощностью 0,75 МВт (кВт·час за месяцы).

Как видно из рис.5, сохранением постоянства скорости воздушного потока, увеличивается и выработка количества электроэнергии. Вместе с тем анализ показывает, что меньшая выработка электроэнергии ВЭУ объясняется следующим образом: если скорость ветра меньше 4 м/с, ВЭУ не будет генерировать электроэнергии. При скорости ветра 14-15 м/с ВЭУ генерирует 750 кВт номинальной мощности. Следует отметить, что для получения более полного представления о

работе станции необходимо выполнить, по крайней мере, годичный мониторинг ее работы.

Установка на поселке Юбилейная, Бостанлыкского района Ташкентской области является первой экспериментальной установкой для проведения исследований и мониторинга показателей ВЭУ, полученные результаты которой будут учитываться при проектировании и строительстве ВЭС в Узбекистане.

Список литературы

1. Кривцов В.С., Олейников А.М. и др. Неисчерпаемая энергия. Кн.1. Ветроэлектрогенераторы// Учебник. Харьков:Нац. Аэрокос. Ун.-т, «Харьков авиац. Инст.», Севастополь: Севаст. Нац. техн. унив., 2003.-400 с.
2. Кривцов В.С., Олейников А.М. и др. Неисчерпаемая энергия. Кн.2. Ветроэлектрогенераторы// Учебник. Харьков:Нац. Аэрокос. Ун.-т, «Харьков авиац. Инст.», Севастополь: Севаст. Нац. техн. унив., 2004.-519 с.
3. Дерзкий В.Г. Аналитический прогноз развития мировой ветроэнергетики /Дерзкий В.Г. //Энергетика и электрификация – 2010. -№1. – С.53-56
4. Таджиев У.А., Киселева Е. И., Таджиев М.У., Захидов Р.А. Особенности формирования ветровых потоков над территорией Узбекистана и возможности их использования для выработки электроэнергии. Часть I// Гелиотехника. 2014. № 3. С. 46-52.
5. Захидов Р.А., Кремков В.М Потенциал ветровой энегетики Узбекистана// Гелиотехника. 2015. № 4. С. 106-107.
6. Заварина М.В. Расчетные скорости ветра на высотах нижнего слоя атмосферы. – Л.: Гидрометеиздат, 1971. – 162 с.

OPPORTUNITIES FOR USE OF THE WIND ENERGY RESOURCE IN UZBEKISTAN

Yu.B. Sobirov^{1,2}, I.A. Yuldoshev², T.P. Jamolov², S.K. Shoguchkarov

¹*Institute of Material science Scientific Production Association “Physics-Sun”,
Academy of Sciences of Uzbekistan, Tashkent, 100084, Uzbekistan,
e-mail: yuldash64@inbox.ru*

²*Tashkent State Technical University named after Islam Karimov,
Tashkent, 100174, Uzbekistan, e-mail: yuldashev.i2004@gmail.com*

Abstract

The issues of assessing the potential and possible use of wind energy in Uzbekistan were considered. As well, aspects of using the first experimental wind turbine with a capacity of 0.75 MW in the Tashkent region of Uzbekistan are considered. The results of a one-year monitoring of wind turbine power generation by months for 2017-2018 are presented. According to the monitoring data, the amount of electricity generation by the installation for the period (10.2017-10.2018) was 921.1 MWh.

УДК 621.311

ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА ТРАНСФОРМАТОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ВЕТРОВЫХ И СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Л.Д. Сокут, В.А. Завада

*Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского,
г. Симферополь, Российская Федерация, e-mail: Sokut36@mail.ru*

Целью работы является анализ трансформаторного оборудования в составе ветровых (ВЭС) и солнечных (СЭС) электростанций. В настоящее время ВЭС и СЭС составляют основную долю в развитии возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Они являются промышленными электрогенерирующими предприятиями, входящими в объединенную энергосистему, наряду с традиционными электростанциями.

Объектом исследования является возможность использования трансформаторов (ТР) с различными способами охлаждения во внутренних электрических сетях (ЭС) ВЭС и СЭС.

Целью работы является повышение эффективности ВЭС и СЭС, в частности, снижение стоимости, повышения надежности, снижения затрат в эксплуатации за счет применения сухих ТР с воздушным охлаждением [1].

Небольшая установленная и фактически реализуемая мощность энергоблоков (БЛ) ВЭС и СЭС приводит к значительному числу БЛ и, соответственно, большому количеству ТР средней мощности в ЭС.

В отличие от традиционных электростанций, на территориях ВЭС и СЭС мощность БЛ и выходное напряжение сравнительно невелики. Для обеспечения высокого значения напряжения в ЭС необходимо повышение напряжения в несколько ступеней, и как результат, создание обширной системы повышающих подстанций перед общей энергосистемой с ТР различной мощности.

В составе внутренней ЭС ВЭС и СЭС применяются несколько типов ТР относительно небольшой мощности в сравнении с трансформаторным оборудованием традиционных электростанций. Значительную часть данного типа оборудования представляют собой трехфазные ТР, которые размещаются на обширной площади ВЭС или СЭС. В настоящее время большинство из них составляют трехфазные ТР с масляной изоляцией.

В составе ЭС ВЭС применяются ТР нескольких типов:

- индивидуальные ТР ветроэлектроустановки (ВЭУ) смонтированные в обтекателе ветровой турбины (ВТ) или внутри башни ВЭУ;
- индивидуальные ТР ВЭУ расположенные на площадке вблизи башни ВЭУ;
- групповые ТР, объединяющие несколько ВЭУ в модуль (ВЭМ ВЭС) на промежуточной ступени ЭС;
- ТР центральной подстанции (ЦПС);
- ТР собственных нужд (СН) ВЭС.

В составе ЭС СЭС применяются ТР следующих типов:

- индивидуальные ТР инверторно-преобразовательных БЛ;
- групповые ТР, объединяющие несколько БЛ в модуль (ВЭМ СЭС) на промежуточной ступени ЭС;
- ТР ЦПС;
- ТР СН СЭС.

При большой мощности ВЭС или СЭС, общее число ТР средней мощности в ЭС составляет десятки и сотни.

На рис. 1, 2 представлены схемы энергоблоков БЛ ВЭС и БЛ СЭС и модулей ВЭМ ВЭС и ВЭМ СЭС с различными ТР.

БЛ ВЭС включает электрогенераторы ВЭУ и индивидуальные трехфазные ТР. На второй ступени ЭС несколько БЛ объединяются в модуль ВЭМ ВЭС с ТР большей мощности и с более высоким напряжением (рис. 1).

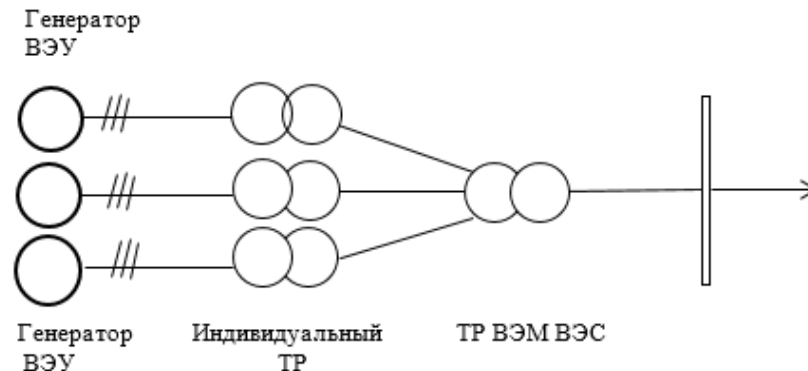


Рис. 1. Схема энергоблока БЛ ВЭС и модуля ВЭМ ВЭС с различными ТР

БЛ СЭС включает фотоэлектрические панели (ФП) с фотоэлектрическими батареями, полупроводниковые преобразователи (инверторы) для преобразования энергии постоянного тока ФП в энергию переменного тока со стандартными значениями числа фаз (3 фазы) и частоты тока (50 Гц) и трехфазный трехобмоточный ТР БЛ, объединяющий два инвертора (рис.2). На второй ступени ЭС несколько БЛ объединяются в модуль ВЭМ СЭС с трехфазным ТР большей мощности и с более высоким напряжением (рис. 2).

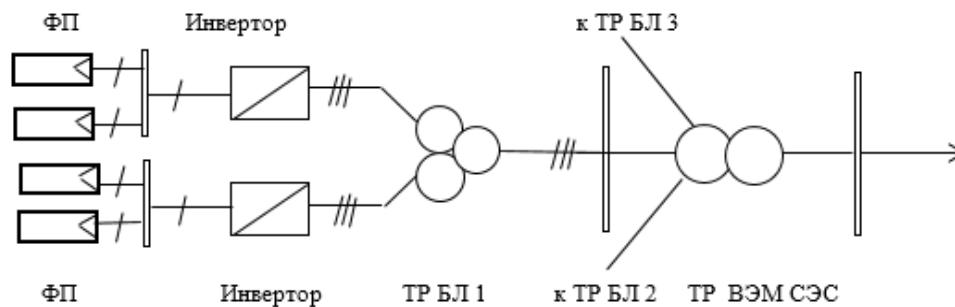


Рис. 2. Схема энергоблока БЛ СЭС и модуля ВЭМ СЭС с различными ТР

В составе ВЭУ применяются электрогенераторы переменного тока (ЭГ) синхронные и асинхронные. Для ВЭУ, по сравнению с турбогенераторами традиционных электростанций, трудно обеспечить точную стабилизацию частоты вращения ВТ при случайном характере скорости ветра в той мере, чтобы обеспечивать стандартную частоту тока f синхронных генераторов с необходимым допуском. Поэтому за небольшими исключениями, синхронные ЭГ редко используют в составе ВЭУ.

В настоящее время на большинстве ВЭУ применяются трехфазные асинхронные генераторы (АСГ), поскольку они менее чувствительны к стабильности частоты вращения ЭГ в пределах допустимых величин скольжения.

Конструкция трехфазных асинхронных ЭГ имеет несколько исполнений (рис.3)

Большинство трехфазных асинхронных АСГ в составе ВЭУ выполняются с короткозамкнутым ротором (рис.3.а). В этом случае величина скольжения не регулируется. Номинальное скольжение составляет от (-0,008) до (-0,01). Критическое значение скольжения, при котором происходит отключение ЭГ от сети, не превышает (-0,015).

В отдельных случаях в ВЭУ используется АСГ с переключением числа пар полюсов обмотки статора (рис.3б). Изменение числа пар полюсов приводит к изменению синхронной частоты вращения АСГ, что расширяет диапазон рабочих скоростей ветра ВТ ВЭУ.

При использовании в ВЭУ трехфазных асинхронных генераторов с короткозамкнутым ротором индивидуальный ТР ВЭУ включается в статорной цепи ЭГ (рис.1).

В составе ВЭУ мощностью свыше 1 МВт в настоящее время используются трехфазные асинхронные АСГ с фазным ротором – рисунок 3.в, (асинхронные генераторы двойного питания по терминологии в европейских странах). За счет регулирования мощности АСГ в цепи ротора с помощью полупроводникового преобразователя (ПП) тока в составе: выпрямитель (В), инвертор (И), согласующий дополнительный ТР, величина критического скольжения АСГ увеличивается до (-1), что значительно расширяет диапазон работы ВТ ВЭУ при изменении скорости ветра. При этом по цепи ротора АСГ снимается до 100 % мощности.

Как видно из рисунка 3в, обмотка статора АСГ подключается непосредственно к сети, или через индивидуальный ТР (рис.1), а обмотка ротора соединяется с сетью через ПП с промежуточным звеном постоянного тока и согласующий дополнительный ТР.

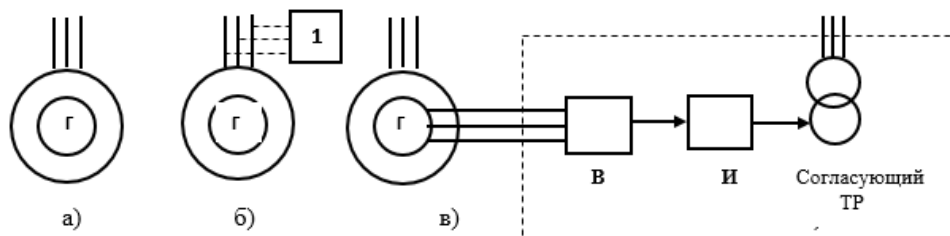


Рис. 3. Обозначение на схеме различных конструктивных исполнений трехфазных асинхронных генераторов ВЭУ: а) – трехфазный генератор с короткозамкнутым ротором; б) – трехфазный генератор с короткозамкнутым ротором и с устройством 1 для переключения числа пар полюсов обмотки статора; в) - трехфазный генератор с фазным ротором, в цепи обмотки ротора которого включен преобразователь тока в составе: выпрямитель (В), инвертор (И), согласующий трансформатор

В таблице 1 приведены величины мощности ТР энергоблоков и модулей ВЭС и СЭС.

Таблица 1
Величины мощности трансформаторов в составе ВЭС и СЭС

№ п/п	Наименование трансформатора	Мощность, МВА	Примечание
1	Индивидуальный ТР ВЭУ статорной цепи АСГ с короткозамкнутым ротором	0,1...10,0	Трехфазный
2	Индивидуальный ТР ВЭУ роторной цепи АСГ с фазным ротором	0,5...5,0	Трехфазный
3	Индивидуальный ТР БЛ СЭС	1,0...4,0	Трехфазный трехобмоточный
4	ТР модуля ВЭМ ВЭС	2,0...20,0	Трехфазный
5	ТР модуля ВЭМ СЭС	2,0...10,0	Трехфазный
6	ТР ЦПС ВЭС и СЭС	20,0 и более	Трехфазный
7	ТР СН ВЭС и СЭС	2,0...5,0	Трехфазный

Вплоть до последней трети прошлого века во внутренних сетях традиционных электростанций использовались, в основном, силовые масляные ТР. Это обусловле-

но их относительно невысокой стоимостью при существующих типах изоляционных материалов. Однако подобное оборудование обладает такими недостатками, как пожароопасность и экологическая опасность утечки масла. Необходимо постоянно контролировать уровень и качество жидкого диэлектрика в баках ТР и иметь соответствующее оборудование для контроля, сушки, замены масла. Эксплуатация масляных ТР в случае ВЭС и СЭС усложняется не только большим числом ТР, но и большой площадью территории станций.

В последние сорок лет с развитием производства изоляционных материалов появилась тенденция к применению сухих ТР, которые представляют собой один из современных безопасных типов оборудования. В таблице 2 приведено сравнение некоторых параметров масляных и сухих ТР [1].

Таблица 2

Основные параметры маслonaполненных и сухих трансформаторов

Параметр	Маслonaполненные	Сухие
Установка	Обычно наружная, обязательно наличие маслохозяйства, соблюдение требований по обеспечению взрывобезопасности, длинные кабели	Внутренняя и внешняя, не требуется специальных сооружений, короткие кабели
Категория по взрывопожарной и пожарной опасности	В1 - пожароопасная	Д - безопасная
Охлаждение	Воздух (-40°C ... +60°C)	Воздух (-60°C ... +60°C)
Перегрузки	Длительное время небольшие перегрузки	Большие перегрузки непродолжительное время
Потери	Высокие потери короткого замыкания	Низкие потери короткого замыкания. Отдельные решения позволяют снизить суммарные потери ХХ и КЗ
Обслуживание	Требуется с постоянной периодичностью (анализ влаги и газо-содержания в масле)	Требуется только визуальная инспекция и очистка от пыли
Запасные части, инструменты	Требуется	Обычно не требуется

На рис. 4 приведено фото общего вида сухого ТР с воздушным охлаждением. Для сравнения там же показан ТР с естественным масляным охлаждением [1].

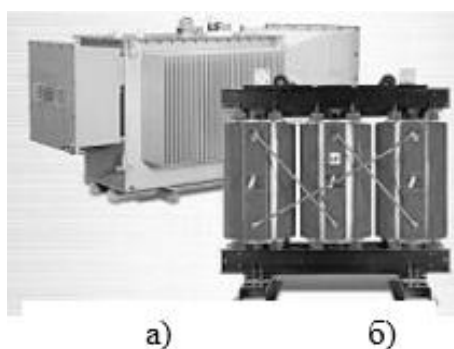


Рис. 4. Общий вид двух трансформаторов – а) трансформатор с масляным охлаждением, б) трансформатор с воздушным охлаждением

Сухие ТР занимают более высокое место по сравнению с масляными в классе современных безопасных видов оборудования. При эксплуатации сухих ТР в составе ВЭС и СЭС отсутствует необходимость в системе пожаротушения, оборудование возможно размещать компактнее, в условиях непосредственной близости от центра нагрузки, это даёт возможность улучшения схемы электроснабжения путём её оптимизации за счёт минимизации применения цепей низкого напряжения, пропадает необходимость содержания маслохозяйства. За рубежом сухие ТР широко применяются в гондоле ВТ ВЭУ.

В таблице 3 приведены параметры сухих ТР, величина мощности которых соответствует мощности индивидуальных ТР в БЛ ВЭС и СЭС [1].

Таблица 3

Параметры сухих ТР

Мощность, МВА	U ₁ , кВ	Потери, Вт		Ток холостого хода, I ₀ , %	U _{кз} , %	Масса, кг
		P _{хх}	P _{к.з.} (115°С)			
1,0	6 или 10	1700	9300	0,4	6	2680
1,6	6 или 10	2500	13500	0,3	6	3720
2,5	6 или 10	3500	21000	0,3	6	4950
3,15	6 или 10	4300	27000	0,2	7	7000

В сухих ТР охлаждение магнитопроводов и обмоток осуществляется за счет воздуха. Поскольку воздух обладает значительно меньшей теплопроводностью по сравнению с маслом, между изоляциями сухих ТР предусматривается большее расстояние, увеличенная ширина вентиляционных каналов, большая толщина изоляции проводов обмоток, меньшая плотность тока в обмотках, меньшие электромагнитные нагрузки [1].

Сухие ТР имеют увеличенные габариты, в сравнении с ТР, работающими на масляном охлаждении. С учетом значительных размеров площадок ВЭС и СЭС, обусловленных требованиями по расположению ВЭУ и ФП, исключаящими их взаимное затенение, увеличение размеров сухих ТР не имеет в данном случае решающего значения.

Вся изоляция сухого ТР рассматривается как внешняя, так как электрическая прочность практически всех элементов изоляции зависит от атмосферных условий. Уровень изоляции сухих ТР для внутренних цепей ВЭС и СЭС обуславливается только коммутационными перенапряжениями, так как эти цепи выполняются кабельными линиями для исключения затенения ВЭУ и ФП воздушными проводами.

Благодаря отсутствию масла и замене тяжелого бака легким кожухом общая масса сухого ТР при мощностях до 400 кВ•А составляет не более 125 -130%, а при мощностях 630 - 1600 кВ•А – от 110% до 90% массы идентичного масляного ТР. Практически напряжения обмоток высокого напряжения (ВН) сухих ТР ограничиваются верхним пределом 10 - 15 кВ, а мощность – значениями до 40,0 МВА. Срок эксплуатации сухих ТР составляет 15–25 лет [1].

Помимо вышеперечисленных достоинств стоит отметить, что при эксплуатации сухих ТР в составе ВЭС и СЭС отсутствует необходимость в системе пожаротушения.

Методика и последовательность расчета сухих и масляных ТР принципиально одинаковы [9].

В таблице 4 приведены некоторые параметры сухого ТР и ТР с масляным охлаждением мощностью 1,0 МВА для БЛ ВЭС или СЭС.

Таблица 4

Параметры трехфазного трансформатора, сухого и с масляным охлаждением, мощностью 1,0 МВА, напряжением 0,69 /10,0 кВ для энергоблоков ВЭС и СЭС

Параметры	Сухой ТР	Масляный ТР
Диаметр стержня магнитопровода, D, мм	245	245
Радиальный размер канала между обмоткой НН и сердечником, мм	8	5
Толщина изоляции провода на сторону, мм	0,75	0,55
Плотность тока в обмотке НН, А/мм ²	2,0...2,25	4,0...4,5
Плотность тока в обмотке ВН, А/мм ²	1,75...2,0	3,5...4,0
Диаметр внутренней стороны обмотки НН, мм	262	255
Радиальный размер обмотки НН, мм	40,0	20,0
Диаметр внешней стороны обмотки НН, мм	342	295
Минимальное изоляционное расстояние между обмотками, мм.	20,0	17,0
Ширина главного канала рассеяния, мм	42	35
Диаметр внутренней стороны обмотки ВН, мм	426	365
Радиальный размер обмотки ВН, мм	48,0	24,0
Диаметр внешней стороны обмотки ВН, мм	522	413
Расстояние между внешними сторонами обмоток ВН разных фаз, мм	25,0	22,0
Расстояние между осями стержней магнитопровода, мм	547	435
Осевой размер обмоток НН и ВН, мм	750	700
Расстояние от осевого размера обмоток до магнитопровода, мм	65	50
Высота окна магнитопровода, H, мм	880	800
Сечение окна магнитопровода S _{ок} , мм ²	481,4 · 10 ³	348 · 10 ³

Список литературы:

1. Тихомиров П.М. Расчет трансформаторов. М.: – Энергоатомиздат, 1986. – 528 с.

FEATURES CHOICE OF TRANSFORMER EQUIPMENT WIND AND SOLAR POWER TO IMPROVE THE RELIABILITY OF THEIR OPERATION

L.D. Sokut, V.A. Zavada

V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, 295007, Russia,

e-mail: Sokut36@mail.ru

Abstract

The analysis of transformer equipment as part of wind and solar power plants, which are the main part in the development of renewable energy sources. The possibility of applications in the internal networks of these dry transformers, air-cooled to reduce cost, improve reliability, reduce operating costs.

УДК 621.311

ПРОГРАММЫ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ РАСЧЕТА НА ЭВМ ПАРАМЕТРОВ СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Л.Д. Сокут, Е.В. Иванова

Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского,
г. Симферополь, Российская Федерация, e-mail: Sokut36@mail.ru

Целью работы является создание алгоритма для автоматизации расчета отдельных параметров при проектировании солнечной электростанции (СЭС) – расчета основных параметров фотопанелей (ФП) и энергоблоков (БЛ) в составе СЭС и выработки электрической энергии СЭС при изменении установленной мощности СЭС и БЛ, количества БЛ, условий размещения ФП и БЛ, параметров солнечного излучения (СИ) на площадке СЭС [1].

Методика исследований заключается в выполнении всех этапов, которые должна пройти задача, реализуемая на ЭВМ, а именно: постановка задачи, построение алгоритма, программирование, отладка и тестирование программы.

Исходными данными для расчета параметров электрооборудования СЭС являются: - широта местности φ^0 с.ш.; - данные метеонаблюдений по интенсивности суммарного среднесуточного СИ на горизонтальную поверхность \bar{E}_i [Вт/м²] в течение года; - среднее количество ясных солнечных дней в году \bar{d}_{ji} ; - среднее число часов СИ \bar{h}_{ji} для заданной широты местности.

Примечание. Потенциал СИ имеет значительные суточные, квартальные и годовые колебания интенсивности излучения и зависит от метеоусловий на площадке части СЭС. Учитывая, что СЭС работает в течение всего года, данные метеонаблюдений по интенсивности СИ при расчете параметров СЭС принимаются со значительным осреднением. Осреднение параметров и все расчеты фактически реализуемой мощности и выработки электроэнергии СЭС выполняются по кварталам года на основе среднесуточной удельной мощности, Вт/м² за квартал.

В расчете используются также изменяемые параметры: - характеристики установки ФП на площадке СЭС – азимут A_K и угол наклона ψ положения плоскости ФП к горизонтальной поверхности; - взаимное расположение панелей ФП на поверхности площадки СЭС, расстояние между ФЭП L и коэффициент затенения σ ; - средние значения величин ε – отношение рассеянного СИ к суммарному; ρ – отражательная способность земли для СИ; R_b – коэффициент, характеризующий в среднем пропускающую способность атмосферы. Диапазон значений изменяемых параметров при расчете приведен в таблице 1, а также указан для значений величины $\sigma = 0,1; 0,2; 0,3$ и величин $A_K = 0, A_K = \pm 10^0, A_K = \pm 15^0$.

Постановкой задачи предусматривается выполнение следующих этапов расчета [1].

1. Расчет среднесуточной мощности результирующего СИ на наклонной поверхности ФП. Результатом расчета по принятым исходным данным являются значения среднесуточной мощности результирующего СИ на наклонной поверхности $\bar{E}_{H ji}$ [Вт/м²] для ФП в среднем по кварталам года.

Значения среднесуточной мощности результирующего СИ \bar{E}_{ji} для каждого квартала определяются по формуле:

$$\bar{E}_{ji} = \frac{\sum_{i=1}^3 E_i}{3}, \quad (1)$$

где \bar{E}_i – исходные данные метеонаблюдений по значениям СИ по месяцам;

i – порядковый номер месяца; $i = 1 \dots 12$;

$j = 1, 2, 3, 4$ - порядковый номер квартала.

Таблица 1

Средние значения параметров ε , ρ , R_b для широты для $\varphi^0 = 45^0$ с.ш.,
с учетом задаваемых отклонений $\varphi^0 \pm 10^0$, $\varphi^0 \pm 15^0$

Ψ^0	Квартал	ε	ρ	R_b
$\varphi + 15^0 = 60^0$	1, 4	0,4	0,3	1,675
	2, 3	0,3	0,17	1,40
$\varphi + 10^0 = 55^0$	1, 4	0,4	0,3	1,63
	2, 3	0,3	0,17	1,37
$\varphi = 45^0$	1, 4	0,4	0,3	1,52
	2, 3	0,3	0,17	1,31
$\varphi - 10^0 = 35^0$	1, 4	0,4	0,3	1,50
	2, 3	0,3	0,17	1,29
$\varphi - 15^0 = 30^0$	1, 4	0,4	0,3	1,46
	2, 3	0,3	0,17	1,27

С учетом параметров ε , ρ , R_b , значения $\bar{E}_{H ji}$ определяются по формулам:

$$\bar{E}_{H ji} = R \cdot K_A \cdot \bar{E}_{ji}, \quad (2)$$

$$R = (1 - \varepsilon) \cdot R_b + \varepsilon \cdot \left[\frac{1 + \cos \beta}{2} \right] + \rho \cdot \left[\frac{1 - \cos \beta}{2} \right], \quad (3)$$

где R – коэффициент, учитывающий изменение \bar{E}_{ji} на наклонной поверхности ФП;

K_A – коэффициент, зависящий от значения азимута A_K^0 , (при $A_K^0 = 0$, $K_A = 1$; при $A_K = \pm 10^0$, $K_A = 0,99$; при $A_K = \pm 15^0$, $K_A = 0,98$).

При размещении рядов ФП на территории СЭС на расстоянии L между рядами в направлении азимута с заданным коэффициентом затенения σ , результирующие значения $\bar{E}_{H ji}$ определяются по формуле:

$$\bar{E}_{H ji} = R \cdot K_A \cdot \bar{E}_{ji} \cdot (1 - \sigma) \quad (4)$$

Для примера в таблице 2 приведены данные метеонаблюдений по среднесуточной интенсивности суммарного СИ E_i в течение года по месяцам на горизонтальную поверхность, числу ясных солнечных дней в году d_i , среднему числу часов солнечного сияния h_i в сутки для двух районов Республики Крым (РК). При проведении расчетов параметров СЭС, БЛ и ФП отдельно рассматриваются параметры солнечных фотоэлектробатарей (ФБ), установленных в ФП.

В таблице 3 указаны параметры ФБ применяемых при расчете параметров ФП [1].

Обозначения параметров ФБ в таблице 3: $P_{НОР}$ – максимальная нормированная мощность, Вт; U_{PP} – напряжение в точке максимальной мощности, В; I_{PP} – сила тока в точке максимальной мощности, А; U_{OC} – напряжение холостого хода при включении, В; I_K – ток короткого замыкания, А.

Фактически реализуемую мощность ФБ в условиях СЭС $P_{j \text{ ФБ}} = f(\bar{E}_{H ji})$ для заданной ФБ на данной площадке СЭС необходимо рассчитать по формуле

$$P_{j \text{ ФБ}} = P_{НОР} \frac{\bar{E}_i}{E_0} \quad (5)$$

где $P_{НОР}$ – мощность ФБ при E_0 1000 Вт/м² или 800 Вт/м² (таблица 3);

$\bar{E}_{H_{ji}}$ – средние значения СИ от 100 Вт/м² до ближайшего большего округленного значения $\bar{E}_{H_{ji}}$ по кварталам на площадке СЭС согласно (4) с интервалом 50 – 100 Вт/м².

Таблица 2

Данные метеонаблюдений по среднесуточной интенсивности суммарного СИ E_i в течение года по месяцам на горизонтальную поверхность, числу ясных солнечных дней в году d_i , среднему числу часов солнечного сияния h_i в сутки

Район	Квартал	Юго-восток РК	Юго-запад РК
		Среднесуточная интенсивность суммарного солнечного излучения E_i , Вт/м ²	
Январь	1	141,9	127,6
Февраль		198,9	187,1
Март		317,5	319,2
Апрель	2	464,0	457,8
Май		600,1	548,2
Июнь		682,7	644,0
Июль	3	685,0	683,4
Август		590,8	582,0
Сентябрь		466,4	454,0
Октябрь	4	291,9	315,4
Ноябрь		155,8	166,9
Декабрь		104,7	105,1
Год	–	391,6	391,2
Число ясных дней d_i	За год	320	330
	1 квартал	80	80
	2 квартал	85	85
	3 квартал	85	85
	4 квартал	80	80
Среднее число часов в сутки, h_i	За год	10	10
	1 квартал	8	8
	2 квартал	10	10
	3 квартал	12	12
	4 квартал	8	8

По графику зависимости $P_{j\PhiБ} = f(\bar{E}_{H_{ji}})$ необходимо определить нормируемые и фактически реализуемые мощность и выработку энергии $W_{\PhiБ j}$ одной ФБ за квартал и за год.

Выработка энергии

$$W_{\PhiБ j} = P_{j\PhiБ} \cdot \bar{d}_{ji} \cdot \bar{h}_{ji}. \quad (6)$$

Пример расчета по (1) – (6) приведен в таблице 4 [1].

Пример выполнен для значений параметров ФБ ($U_{pp}=37,5$ В, $I_{pp}=4,95$ А, $P_{НОР}=185,6$ Вт) и параметров установки ФП ($\varphi = 45^\circ$ с.ш., $\psi = \varphi$, $A_K = 0^0$, $K_A = 1$, $\sigma = 0$).

Для размещения ФБ на территории СЭС их конструктивно объединяют в ФП. Группа ФБ одной ФП помещается на общей платформе.

Внутренняя схема СЭС содержит цепь преобразования напряжения постоянного тока ФБ и ФП в стандартный вид для сетей линий передачи объединенной энергетической системы по числу фаз (3 фазы), частоте тока (50 Гц) и величине напряжения.

Для этой цели в блоке БЛ применяется трехфазный мостовой инвертор (И) с выходным разделительным ТР, вторичное (выходное для сети) напряжение которого $U_{Л2}$ соответствует стандартным величинам линейных напряжений сетей. Традиционная схема преобразования энергии постоянного тока в энергию переменного тока в трехфазных цепях содержит один инвертор и один ТР – (И + ТР).

Таблица 3

Параметры солнечных батарей

Электрические параметры СБ								
Интенсивность суммарного СИ, E, Вт/м ²	1000					800		
	$P_{НОР}$, Вт	185,6	175	180	185	190	240	150
U_{PP} , В	37,5	36,2	36,8	37,5	36,6	60	18	24,3
I_{PP} , А	4,95	4,85	4,90	4,95	5,20	4,0	8,56	4,25
U_{OC} , В	44,5	43,9	44,2	44,5	44,8	90	21,6	30,5
I_K , А	5,40	5,30	5,35	5,50	5,50	4,2	9,44	4,8
η , %	17,3	13,7	14,1	14,5	15,1	15,1	16,0	16,0
Конструктивные параметры СБ								
Длина, мм	1581	1580	1580	1581	1593	2385	1585	1305
Ширина, мм	810	808	808	810	790	1138	805	660
Площадь пластины, м ²	1,281	1,28	1,28	1,28	1,26	2,71	1,28	0,89
Масса, кг	15,7	15,6	15,6	15,7	15,4	33,2	15,6	10,9

Таблица 4

Пример расчета реализуемой мощности и энергии для одной ФБ

№ п/п	Параметры	Кварталы			
		1	2	3	4
1	Среднесуточная мощность СИ \bar{E}_{Hji} на наклонной поверхности ФП в среднем по кварталам года, Вт/м ²	285,1	698,8	696,8	239,3
2.	Нормируемая мощность одной ФБ $P_{НОРФБ}$, Вт при $E_{i0} = 1000$ Вт/м ²	185,6			
3	Фактически реализуемая мощность одной ФБ P_{jCB} , Вт/м ²	50	118	117	41
3	Среднее число часов солнечного сияния \bar{h}_{ji} в сутки	8	10	12	8
4	Среднее число дней солнечного сияния \bar{d}_{ji} за квартал	80	85	85	80
5	Выработка энергии по кварталам для одной ФБ – $W_{ФБj}$, кВт.ч/квартал	32	100,3	119,34	26,24
6	Выработка энергии за год для одной ФБ – $W_{ФБj}$, кВт.ч/год (в среднем)	277,88			

В случае СЭС при значительном изменении мощности цепей постоянного тока по кварталам, в такой схеме инвертор будет работать со значительной недогрузкой. Поскольку величины \bar{E}_{Hji} различаются по кварталам более, чем в два раза, схема

преобразовательной части блока для СЭС предусматривает возможность подключения цепей всех ФП ($N_{ФП}$) к одному инвертору.

При расчете параметров одной ФП определяются выходные величины ФП – $U_{ФЭП}$ (\bar{E}_{Hji}) и $I_{ФЭП}$. Величины $U_{ФЭП}$ (\bar{E}_{Hji}) и $I_{ФЭП}$, а также нормируемая мощность ФП при интенсивности СИ – $E_0 P_{НОРФЭП}$ – рассчитываются по соотношениям:

$$U_{ФЭП} (\bar{E}_{Hji}) = U_{PP} \times N_{ПОСЛ}, \quad (7)$$

$$I_{ФЭП} = I_{PP} \times N_{ПАР}, \quad (8)$$

$$P_{НОРФЭП} = P_{НОР} \times N_{ПОСЛ} \times N_{ПАР} \quad (9)$$

где $N_{ПОСЛ}$ – число последовательно соединенных ФБ в составе одной ФП,

$N_{ПАР}$ – число параллельно соединенных ФБ в составе одной ФП.

Общее число ФБ в составе БЛ – $N_{ФБ БЛ}$

$$N_{ФБ БЛ} = N_{ПАР} \times N_{ПОСЛ} \quad (10)$$

Расчет количества ФП и блоков БЛ в составе СЭС, мощности, выработки электроэнергии и коэффициента использования установленной мощности (КИУМ).

В результате расчета определяется количество ФП и блоков БЛ в составе СЭС, параметры выработки электроэнергии по кварталам и за год и величины КИУМ.

Общее число блоков на площадке СЭС

$$N_{БЛ} = \frac{P_{СЭС НОМ}}{P_{БЛ НОМ}} \quad (11)$$

Общее число ФП на площадке СЭС

$$N_{\Sigma ФПБЛ} = N_{БЛ} \cdot N_{ФББЛ} \quad (12)$$

Общее число ФБ в составе СЭС

$$N_{\Sigma ФБ} = N_{\Sigma ФПБЛ} \cdot N_{ФБ} \quad (13)$$

После расчета по (1) – (6) параметров ФБ, определение параметров ФП по (7) – (10), параметров БЛ и СЭС по (11) – (13) представляет простое умножение найденных уже параметров ФБ.

Программа автоматизированной системы расчета на ЭВМ параметров СЭС написана на языке Java. Выбор языка обоснован тем, что он является Free-souers (не требующий лицензии) и кроссплатформенным, то есть его исполняемые файлы можно запускать на различных платформах без предварительной перекомпиляции.

Разработанная программа состоит из серии окон, связанных между собой. Каждое из них содержит клавиши «Назад» и «Далее», которые позволяют пользователю вернуться к предыдущему расчету для исправления данных. Все представленные в программе окна, проверены на предмет ошибки ввода недопустимых данных. В случае такой ошибки, программа подсвечивает поле с ошибкой красным цветом и не позволяет расчет данных до того, как ошибка не будет устранена. Если введенные данные являются числовыми, то программа выполняет вычисления и выводит форматированное значение параметра с заранее определенным количеством знаков после запятой. После этого становится доступной кнопка «Далее» для перехода к следующему окну и продолжению расчета. Для удобства пользователя все поля с рассчитываемыми данными являются не редактируемыми и подсвечиваются серым цветом. Если в результате расчета, данные из предыдущего окна используются в последующих окнах, то программа автоматически переносит их в нужное окно и располагает в отведенном для них поле.

Все символьные обозначения данных в программе подписаны. При подводе курсора мыши к символу, появляется всплывающая подсказка, содержащая информацию о данном символе. Все формулы, содержащиеся в программе, проверены на арифметические ошибки. При появлении такой ошибки, программа блокирует расчет и просит исправить соответствующую ошибку с указанием ее местоположения.

На рис.1 и 2 приведены скриншоты нескольких видовых экранов программы.

Квартал	Январь	Февраль	Март	Результат
I квартал	141.9	198.9	317.5	E_0^1 : 219.43
II квартал	464	600.1	682.7	E_1^1 : 582.27
III квартал	685	590.8	466.4	E_2^1 : 580.73
IV квартал	291.9	155.8	104.7	E_3^1 : 184.13

Рис. 1. Расчет значения среднесуточной мощности результирующего солнечного излучения на наклонной поверхности фотоэлектрической панели для каждого квартала.

K_A :	1	R_b :	1.46	β :	30
ϵ :	0.4	ρ :	0.3	α :	0.3
R :	1.269	$E_{H ij}^-$:	278.4567	$E_{H ij}^+$:	194.9197

Рис. 2. Расчет среднесуточной мощности суммарного солнечного излучения на наклонной поверхности фотоэлектрической панели в среднем за первый квартал года для заданной широты.

Список литературы:

1. Сокут Л.Д. Основные этапы расчета параметров солнечной электростанции / Э.А. Бекиров, Л.Д. Сокут // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология», 2013. - № 17(39). – С.29-35.

PROGRAM FOR AUTOMATED SYSTEM BASED ON COMPUTER SETTINGS SOLAR POWER PLANT

L.D. Sokut, E.V. Ivanova

V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, 295007, Russia,
e-mail: Sokut36@mail.ru

Abstract

The aim of the work is to create an algorithm for automating the calculation of individual parameters in the design of a solar power plant and electricity generation when the installed power and the number of power units, the conditions for placing photopanel and power units, the parameters of solar radiation at the site of the station.

РЕКУЛЬТИВАЦИЯ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕНИЙ ПРИБРЕЖНЫХ ЗОН И ПЛЯЖЕЙ

Д.К. Солдатов¹, О.П. Гавриш², Е.В. Заблоцкая³

ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», Институт ядерной энергии и промышленности, г. Севастополь, Российская Федерация,
e-mail: ¹den.alone.ru@mail.ru, ²derbasovanm@mail.ru, ³evere82@mail.ru

В связи с перспективным увеличением товарооборота портов Крыма увеличивается риск загрязнения нефтепродуктами прибрежных зон и пляжей. Из общей протяженности береговой линии моря Крымского полуострова (приблизительно 1000 км) пляжи составляют 517 км. Для ликвидации чрезвычайных ситуаций, связанных с разливами нефтепродуктов указанных зон, необходимо создание мобильных установок в модульном исполнении.

Цель данной работы - разработка принципиальной схемы для очистки нефтезагрязненных грунтов и вод в прибрежной полосе с последующей рекультивацией. Для достижения цели поставлены следующие задачи:

1. Описать технологическую схему процесса.
2. Проанализировать данные эксперимента по микробиологической деградации нефтепродуктов, выполненного в НОЦ «Перспективные технологии».

Предлагаемая технология утилизации нефтепродуктов из загрязненных нефтью прибрежных грунтов и вод, подразумевает реализацию трех этапов очистки: механическую, микробиологическую, доочистку с помощью вермиккультуры. Последовательность этапов определяется исходной концентрацией нефтезагрязнений в грунтах и воде.

Утилизация осуществляется на полупромышленной установке по следующей технологической схеме (рис. 1):

1. Собранный загрязненный грунт из полиэтиленовой тары загружается в приемный резервуар (1), оборудованный паровым барботажным устройством.

2. От передвижного парового котла (2), работающего на жидком топливе КВП – 300 в резервуар и теплообменник (7) подается насыщенный пар с давлением 0,5 атм. и температурой до 120 °С. Отработанный пар поступает в конденсатный бак (8). Конденсат насосом подается в котел. Для подпитки котлов в схеме предусмотрена расходная емкость водопроводной воды (11).

3. Водоэмульсионный раствор нефти и конденсата через нефтеловушку и ее переливные лотки сливается в накопительную емкость (3), откуда с помощью электро-механического судового сепаратора центробежного типа (4), нефтепродукты перекачиваются в тару для сбора нефтепродуктов и используются в качестве топлива для парового котла КВП – 300. Излишки нефтепродуктов перекачиваются в бочки емкостью 200 литров для последующей их транспортировки в отопительные котельные для использования их в качестве топлива.

4. Водоэмульсионный раствор нефтепродуктов после сепаратора пропускается через блок механической очистки – фильтры (6), загруженные стеклянным шариком. Принцип работы блока фильтров механической очистки водоэмульсионного раствора (загрузка фильтров – стеклянные шарики Ø 0,7 – 1 мм) заключается в том, что вода является жидкостью, не смачивающей стекло, в отличие от нефтепродуктов. Поэтому нефтепродукты прилипают к поверхности стеклянных шариков, а вода поступает в накопительную емкость (12) и далее в блок микробиологической очистки (13). Периодически фильтры продуваются воздухом из компрессора (10), нагретым в тепло-

обменнике (7) до температуры + 70 – 80 °С, что ниже температуры вспышки нефтепродуктов. Освободившиеся нефтепродукты подаются в накопительную емкость (5).

5. Грунт из приемного резервуара (1) после обработки паром подается в емкость – компостер (13), где смешивается с растительными остатками в соотношении 1:1 и засеивается специально адаптированной ассоциацией микроорганизмов. Полученную смесь выдерживают при температуре 18 – 24 °С в течение 10 – 15 суток [1].

6. В схеме предусмотрена подача технологических сред на площадку доочистки вермикультурой (14).

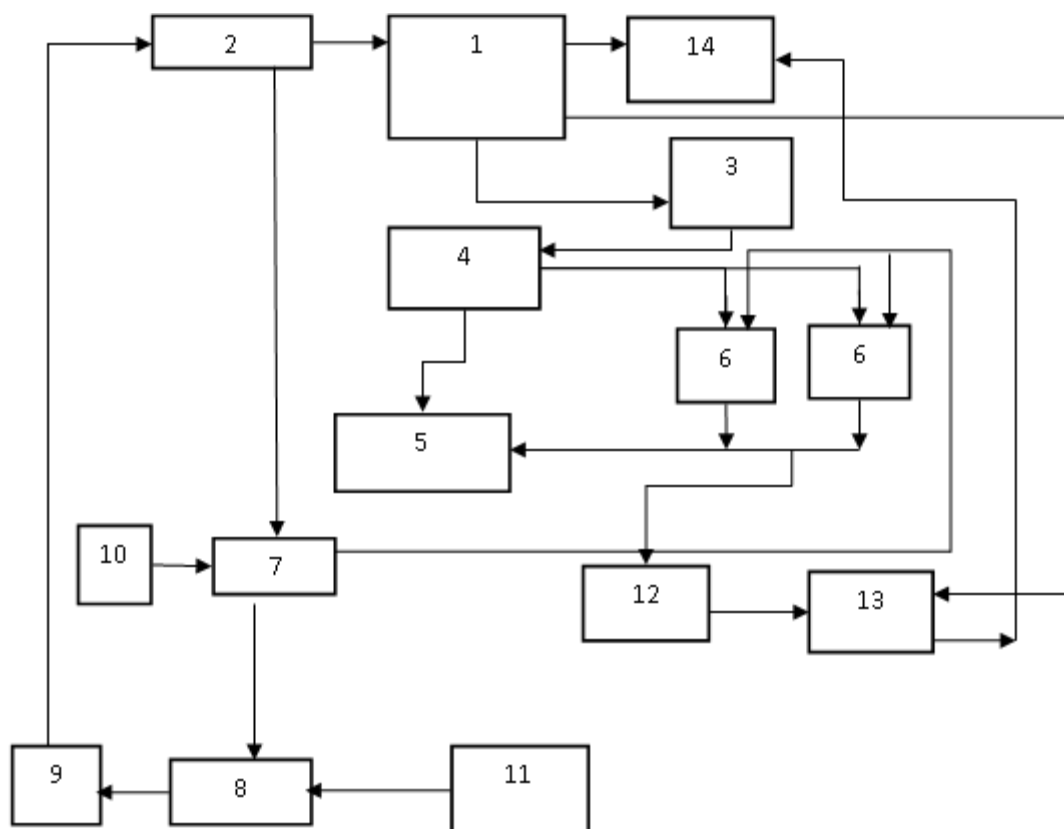


Рис.1. Принципиальная схема установки для утилизации нефти из загрязненных грунтов и вод:

1 – приемный резервуар для грунта загрязненного нефтепродуктами; 2 – паровой котел; 3 – накопительная емкость; 4 – сепаратор нефтепродуктов; 5 – тара для сбора нефтепродуктов; 6 – фильтр; 7 – теплообменник; 8 – конденсатный бак; 9 – конденсатный насос; 10 – воздушный компрессор; 11 – расходная емкость водопроводной воды; 12 – накопительная емкость; 13 – блок микробиологической очистки; 14 – площадка доочистки технологических сред вермикультурой.

Микробиологический этап прошел апробацию в лабораторных условиях НОЦ «Перспективные технологии».

Сводные результаты работы ассоциации по биодegradации нефтепродуктов в смеси с другими загрязнителями представлены в таблице 1.

Результаты, приведенные в таблице 1, показывают, что через 12 суток после начала эксперимента концентрация нефтепродуктов составляет 0,8 мг/дм³, а значит одного микробиологического этапа, при данных временных показателях, недостаточно для достижения нормативных показателей (ПДК почвы составляет 0,2 мг/дм³, ПДК в воде – 0,3 мг/дм³ соответственно).

Кроме того, появляется необходимость уничтожения (утилизации) биомассы микроорганизмов, производивших биодegradацию нефтепродуктов и других загрязнителей. Для решения этих проблем предусмотрен этап доочистки с помощью вермикультуры [1].

Таблица 1

Результаты микробиологической деградации нефтепродуктов

№ п/п	Наименование ингредиента	Результаты испытаний, мг/дм ³				Эффект очистки, %
		Исходная концентрация	Промежуточные конц.		Кон. конц.	
			2сут	5сут		
1	NO ₂	4,8	3,6	2,5	1,6	71
2	NO ₃	586,8	518	272	160	80
3	Нефтепродукты	1,9	1,7	1,1	0,8	69
4	SO ₄	279,7	259,5	198,6	85,3	73

На этом этапе компост из емкости – компостера распределяется по лоткам для выращивания вермикультуры (из расчета на тонну компоста – 1 кг (2000 особ.)) специально адаптированной к нефтепродуктам [2]. Результаты сведены в таблицу 2.

Таблица 2

Результаты биотехнологической утилизации нефтепродуктов на вермикультурном этапе

№ п/п	Наимен. ингр-д.	Результаты испытаний, мг/дм ³			Эффект очистки, через кол-во суток, %		ПДК, (САНПиН4630-80), мг/дм ³	
		Исходные концентрации	Конечные концентрации через		66 сут	91 сут	В воде	В почве
			66 сут	91 сут				
1	NO ₂	44,2	23,5	0,5	46,8	98,8	3,3	-
2	NO ₃	160,8	66,6	41,2	58,5	74,4	45	130 мг/кг
3	Нефтепр.	0,83	0,4	0,14	59,1	86,0	0,3	0,2 мг/кг
4	SO ₄	2917,2	949,4	485,4	67,5	83,4	500	Не норм.

Из таблицы видно, что через 91 сутки концентрация нефтепродуктов составляет 0,14 мг/дм³, что ниже ПДК.

Запуск предлагаемой модульной установки позволит иметь запас биомассы ассоциации микроорганизмов производящих биodeградацию нефтепродуктов.

Используя специально приготовленные растворы ассоциации и препарата «Риверм» можно существенно активизировать деятельность природных (аборигенных) микроорганизмов, что позволит в погодных условиях Крыма за срок 90 – 100 суток произвести биodeградацию нефтепродуктов в грунтах пляжной зоны без их выемки.

Такой процесс экологически безопасен, поскольку ни ассоциация, ни препарат «Риверм» не загрязняют окружающую среду, и не содержат патогенных микроорганизмов.

В данной работе предложена технологическая схема утилизации нефтепродуктов из загрязненных нефтью грунтов и вод в прибрежной полосе, которая осуществляется на модульной установке. В схеме предусмотрено извлечение и последующее повторное использование нефтепродуктов в народном хозяйстве. Утилизация не извлеченных нефтепродуктов с попутной утилизацией растительных остатков (отходов мебельной, лесоперерабатывающей промышленности, сельского хозяйства).

Анализ экспериментальных данных по микробиологической деградации нефтепродуктов показал необходимость реализации трех этапов очистки: механического,

микробиологического, доочистка вермикультурой в зависимости от исходной концентрации нефтепродуктов в грунте и воде.

Полученная биомасса ассоциации микроорганизмов с добавлением современных препаратов позволит осуществить рекультивацию прибрежной полосы.

Список литературы:

1. Гавриш М.В., Смирнов С.Б., Дербасова Н.М. Оценка эффективности микробиологической очистки промышленных сточных вод Сб. науч. Трудов междунар. Научно-технич. Конф. // Под общей ред. к.т.н. В.Ф. Костенко, А.И. Абрамовича: - Х., УкрВОДГЕО, 2010. – С. 218–227.
2. Дивизинюк М.М., Дербасова Н.М. Исследование возможности очистки сточных вод производства вермикультивированием Вестник национального технического университета Украины „Киевский политехнический институт”. Машиностроение. – К.: НТУУ „КПИ”. – 2007. – С.310–314

RECUITIVATION OF OIL POLLUTION OF COASTAL ZONES AND BEACHES

D.K. Soldatov¹, O.P. Gavrish², E.V. Zablotskaya³

Sevastopol State University, Sevastopol, 299033, Russia,

e-mail: ¹den.alone.ru@mail.ru, ²derbasovanm@mail.ru, ³evere82@mail.ru

Abstract

The article proposes a schematic diagram of the utilization of oil-contaminated areas of coastal zones and beaches. The semi-industrial unit in modular design, made according to this concept, can be used by the Ministry of emergency situations in the event of emergencies associated with oil spills and pollution of coastal zones and beaches.

УДК 661.481.7

ПОЛЯРИЗАЦИЯ МАГНИЕВЫХ СПЛАВОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ФТОРА

В.Л. Софронов; Ю.Н. Макаеев; А.В. Муслимова; Ю.П. Дамм

Северский технологический институт – филиал ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Северск, 636036, Россия,
e-mail: VLSofronov@mephi.ru

Фтор является одним из ключевых агентов в современной ядерной технологии, с его помощью получают один из основных продуктов в технологии ядерного топлива – гексафторид урана. В производственных условиях фтор получают среднетемпературным электролизом (до 100 °С) расплава дигидрофторида калия $KF \cdot 2HF$, который насыщают фтороводородом до содержания 39-41 % мас. по HF [1].

В производственных условиях используют электролизеры на силу тока от 5 до 20 кА, которые состоят из корпуса с параллельно расположенными в нем электролизными ячейками, угольных анодов, жалюзийных коробчатых металлических катодов, газоразделительного колокола для отдельного сбора анодного (фтора) и катодного (водорода) газа, а также системы подогрева и охлаждения (рисунок 1).

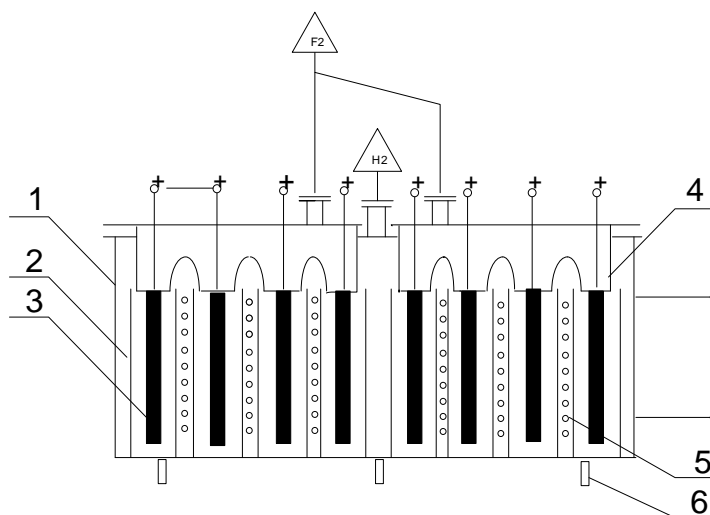
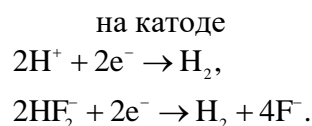
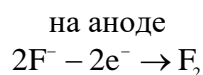
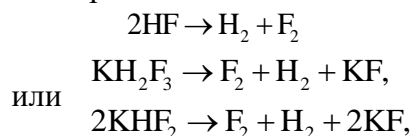


Рис 1. Схема среднетемпературного электролизера: 1 – корпус электролизера; 2 – жалюзийный катод; 3 – анод; 4 – газоразделительный колокол; 5 – теплообменник; 6 – изоляторы

При осуществлении процесса электролиза в расплаве протекают следующие реакции [2]:



Суммарные реакции можно представить в виде:

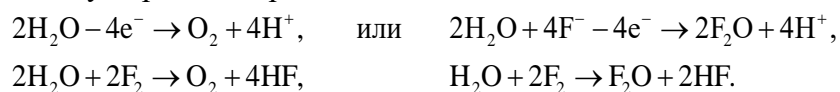


основными продуктами которых являются газообразные фтор и водород. В электролите присутствуют также ионы H^+ , K^+ , HF_2^- , F^- .

Для катодного процесса выделения водорода на используемых катодах из мягкой стали, никеля и меди характерно высокое перенапряжение. Повышенным пере-

напряжением характеризуется и процесс выделения фтора на угольном аноде из-за покрытия его поверхности тонким слоем твердых фторидов углерода.

Выход фтора по току зависит от протекания в электролизере реакции фтора с примесями, которые могут попадать в расплав. Так, в присутствии в расплаве электролита влаги могут протекать реакции [1 - 3]:



Эти реакции снижают выход по току фтора, загрязняют электролизные газы, а также способствуют сгоранию материалов анодов с образованием СО.

В процессе электролиза фтороводород увлекается пузырьками фтора увеличивая концентрацию HF в анодном газе, выходящем из электролизера иногда до 9-15 % об.

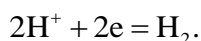
Содержание остальных газообразных примесей в анодном газе (дифторид кислорода, диоксид углерода, фторуглеродные соединения и др.) незначительно. Обычно суммарное их количество составляет от 1 до 3 % об. и зависит от режима электролиза и качества исходных компонентов. Эти примеси не оказывают существенное влияние на поведение конструкционных материалов при электролизе.

В промышленности в качестве основного конструкционного материала для изготовления корпуса среднетемпературного электролизера используют дешевую углеродистую сталь. При необходимости значительного увеличения срока службы корпуса аппарата углеродистую сталь следует заменить на более стойкие хромомолибденовые стали, никель, монель-металл или магниевые сплавы. Эти же материалы следует использовать для изготовления газоразделительного колокола [3], разделяющего анодное и катодное пространства, а также погруженные в электролит участки колокола. Конструкционным материалом для изготовления катодов является сталь, для анодов – коксовые (угольные) пластины.

Стандартные электрохимические потенциалы металлов Mg, Fe, Ni, используемых во фторном электролизере, имеют следующие электроотрицательные значения: магний (-2,372) В; железо (-0,441) В; никель (-0,234) В [6].

Наиболее устойчивыми материалами в среде анодного и катодного газов являются сплавы магния с алюминием МА2-1, МА8 и МА9, поэтому они являются, на наш взгляд, наиболее пригодными материалами для изготовления колоколов электролизеров. Однако с электрохимической точки зрения магний, погруженный в гидрофторид KF·2HF в паре с железом или никелем, будет подвергаться электрохимической коррозии: $\text{Mg} - 2\text{e} = \text{Mg}^{2+}$, превращаясь в анод.

На поверхности катода в среде гидрофторида будет происходить выделение водорода по реакции:



Анодную электрохимическую защиту магния можно осуществить переводом потенциала Mg от стационарного значения в область потенциалов участка CD анодной поляризационной кривой, представленной на рисунке 2 [5].

Это может быть осуществлено путем анодной поляризации Mg и Mg-Al сплавов от постоянного внешнего источника тока. При этом магний переходит в так называемое пассивное состояние. Под пассивным состоянием понимают такое состояние повышенной коррозионной стойкости металла или сплава, которое вызвано преимущественно торможением анодного процесса растворения металла в условиях, когда с термодинамической точки зрения они являются вполне реакционноспособными [4]. Наступление пассивного состояния металлов характеризуется резким уменьшением скорости коррозии металла (в тысячи раз), со значительным смещением потенциала в положительную сторону до достижения устойчивого пассивного состояния, например, для железа (стали) от (-0,2)...(-0,5) В до (+0,5) ...(+1,0) В [6].

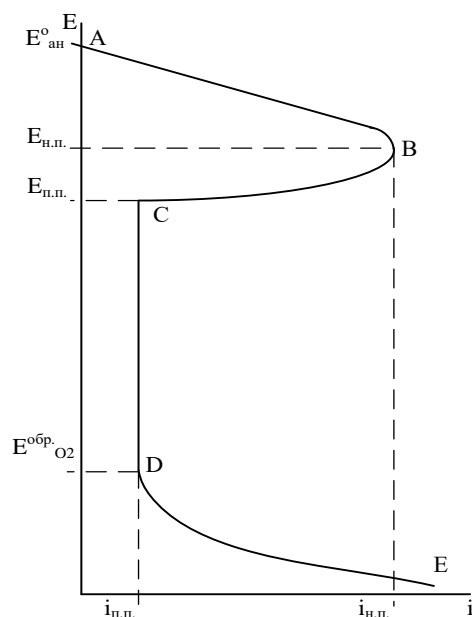


Рис. 2. Анодная поляризационная кривая металла, снятая в потенциостатическом режиме: $E_{ан}^{\circ}$ – стационарный потенциал металла в расплаве электролита; $E_{н.п.}$ и $i_{н.п.}$ – потенциал и плотность тока начала пассивации; $E_{п.п.}$ и $i_{п.п.}$ – потенциал и плотность тока полной пассивации; $E_{O_2}^{обр.}$ – обратимый потенциал реакции выделения кислорода; AB – область активного растворения металла; BC – область неустойчивой пассивации; CD – область полной пассивации металла или сплава; DE – область выделения кислорода

Анодную защиту можно осуществить присоединением защищаемой металлической конструкции – колокола к положительному полюсу внешнего источника постоянного тока или к металлу с более положительным потенциалом (катодный протектор). Второй вариант защиты магниевого колокола с использованием в качестве протектора более положительных металлов Li, Rb, K, Ba, Sr, Ca и Na не может быть использован по техническим и экономическим соображениям, поэтому нами был исследован вариант анодной защиты магниевых сплавов.

Установка для анодной защиты включает: объект защиты, катод, электрод сравнения и источник электрического тока (рисунок 3).

Основным условием возможности применения анодной защиты является наличие протяженной области устойчивой пассивности металла при плотности тока растворения металла не более $(1,5-6,0) \cdot 10^{-1} \text{ A/m}^2$ [5].

Основным критерием, характеризующим состояние поверхности металла, является электродный потенциал. Обычно возможность применения анодной защиты для конкретного металла или сплава определяют методом снятия анодных поляризационных кривых, что позволяет получить следующие данные [3]:

- а) потенциал коррозии металла в исследуемом растворе (расплаве);
- б) протяженность области устойчивой пассивности;
- в) плотность тока в области устойчивой пассивности.

Эффективность защиты определяют, как отношение скорости коррозии без защиты к скорости коррозии под защитой. В зависимости от конкретных условий эксплуатации область защитных потенциалов при анодной защите лежит на 0,3-1,5 В положительнее потенциала свободной коррозии, а скорость растворения металлов при этом может уменьшиться в тысячи раз.

Для успешного применения анодной защиты объект должен отвечать следующим требованиям:

- а) конструкционный материал должен пассивироваться в исследуемой среде;
- б) конструкция аппарата не должна иметь заклепок, количество щелей и воздушных карманов должно быть минимальным, сварка должна быть качественной;

в) катод и электрод сравнения в защищаемом устройстве должны постоянно находиться в электролите.

Анодные поляризационные кривые и выдержку образца при постоянном потенциале исследовали с помощью потенциостата «IPC – Pro MF». Схема трехэлектродной электрохимической ячейки (рисунок 3), использованной в работе, состоит из электролитической ячейки и потенциостата, позволяющего на экране монитора видеть ход поляризационных кривых и автоматически записывать зависимости величины тока и потенциала в памяти компьютера.

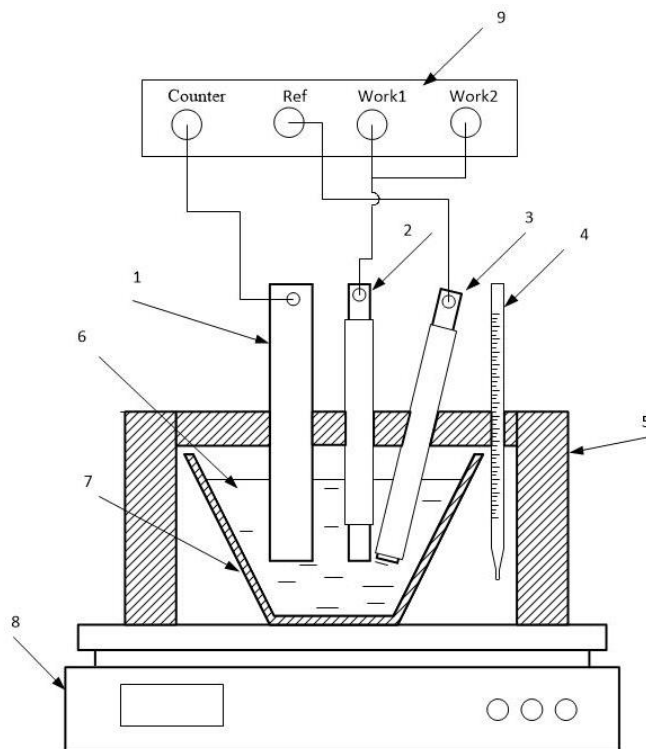


Рис 3. Схема трехэлектродной электрохимической ячейки: 1 – вспомогательный графитовый электрод; 2 – рабочий магниевый электрод; 3 – магниевый электрод сравнения; 4 – термометр; 5 – термоизолятор; 6 – электролит; 7 – стеклоуглеродный стакан; 8 – электроплитка; 9 – потенциостат «IPC – Pro MF»

Поверхности образцов зачищали наждачной бумагой, обезжиривали спиртом, тщательно промывали водой и устанавливали в электролитическую ячейку. После проверки схемы измеряли стационарный потенциал исследуемого образца магниевого сплава, который составил $(-2,4)$ В. Затем образец активировали путем его катодной поляризации (режим работы – «Потенциостат») при потенциале $E_{кп} = (-2,4)$ В в течение 3 минут, после чего снова измеряли стационарный потенциал. Далее образец анодно поляризовали (режим работы потенциостата – «Развертка напряжения») в интервале напряжений $(-2,5) \dots (+5)$ В со скоростью 2 мВ/с, записывая изменение силы тока в зависимости от потенциала. Измерения прекращали после достижения предельного напряжения $(+5)$ В для данного потенциостата.

По полученным результатам рассчитали плотность тока и построили поляризационную кривую в потенциостатическом режиме в координатах $i-E$ (рисунок 4).

По результатам исследований вольтамперной характеристики процесса анодной защиты магниевых рабочих электродов, представленных на рисунке 4, и опытных данных установили, что потенциал анодной электрохимической защиты магниевых сплавов составил $2,4$ В. Таким образом, зона пассивного состояния магниевых сплавов при анодной защите находится в пределах от 0 до $(+5)$ В и характеризуется плотностью тока не более $(2,5-2,6) \cdot 10^{-3}$ А/см².

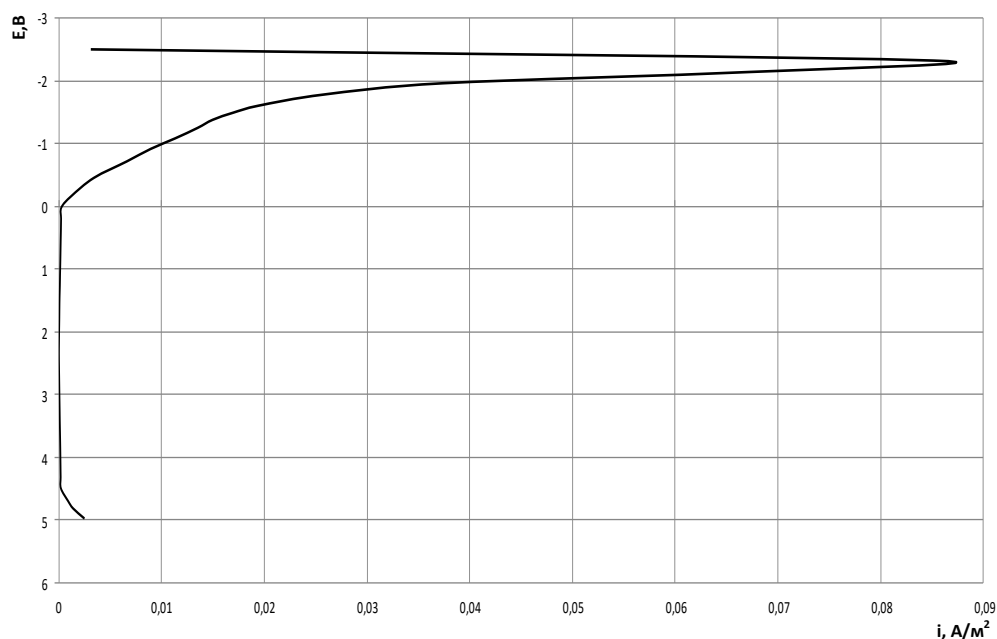


Рис. 4. Анодная поляризационная кривая магниевого сплава

Список литературы:

1. Антропов Л.И. Теоретическая электрохимия. – М.: Высшая школа, 1984. – 510 с.
2. Галкин Н.П., Крутиков А.В. Технология фтора. - М.: Атомиздат, 1968. – 187 с.
3. Дамаскин Б.Б., Петрий О.А. Электрохимия. - М.: Химия, Колос, 2006. – 672 с.
4. Белов В.Д., Колтыгин А.В., Белов Н.А., Плисецкая И.В. Инновации в области литейных магниевых сплавов // *Металлург*. 2010. №5. С. 67–70.
5. Жук Н.П. Курс теории коррозии и защиты металлов. – М.: Альянс, 2014. – 472 с.
6. Барабанов В.Г., Зотиков В.С., Лимонова Л.П. и др. Коррозия оборудования в производстве галогенсодержащих веществ. — СПб: ТЕЗА, 1998. – 252 с.

POLARIZATION OF MAGNESIUM ALLOYS USED IN THE PRODUCTION OF FLUORINE

V.L. Sofronov, YU.N. Makaseev, A.V. Muslimova, Y.P. Damm

Seversk Technological Institute - branch of State Autonomous Educational Institution of Higher Education «National Research Nuclear University «MEPhI» (STI NRNU MEPhI), Seversk, 636036, Russia. e-mail: VLSoifronov@mephi.ru

Abstract

The possibilities of complete passivation of the magnesium alloy MA2-1 in the KF·2HF electrolysis melt used as a material for making a bell in the production of fluorine have been considered, and the conditions for passivation of the alloy from an external current source have been experimentally found. The corrosion rates on unpolarized and anodically polarized samples of the alloy to the potential of the region of complete passivation are also determined.

ПОДХОД К ОПТИМИЗАЦИИ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА В РЕГИОНАХ РАЗМЕЩЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ЯДЕРНОГО ТОПЛИВНОГО ЦИКЛА

С.И. Спиридонов, В.К. Кузнецов, А.В. Панов, И.Е. Титов
*ФГБНУ ВНИИРАЭ, г. Обнинск, 249032, Россия,
e-mail: spiridonov.si@gmail.com*

Одним из условий развития ядерной энергетики, наряду с экономической конкурентоспособностью, полным использованием сырьевого потенциала, технологической поддержкой режима нераспространения, является ее экологическая приемлемость [1, 2]. Объекты ЯТЦ оказывают многофакторное воздействие на окружающую среду. Однако повышенное внимание общественности приковано к радиационному фактору, специфичному для ядерного энергопроизводства [3, 4]. Совокупность радиоэкологических задач в области ядерной энергетики включает как “задачи обоснования” планируемых ядерных объектов и циклов, так и “сопровождения”, включающие радиоэкологический мониторинг в районах размещения предприятий ЯТЦ.

Важное место в системе мониторинга радиационно-опасных объектов занимает мониторинг агроэкосистем. В некоторых ситуациях агропродукция может являться значимым источником поступления радионуклидов в организм человека и формирования дозы внутреннего облучения. Так, при потреблении продукции, полученной с сельскохозяйственных угодий, орошаемых дождеванием водами водоема-охладителя АЭС, суммарная доза внутреннего облучения может достигать 100 мкЗв/год [5]. Эта величина превышает квоту облучения населения от жидких сбросов АЭС (50 мкЗв/год) [6]. Основными дозообразующими радионуклидами в рассмотренном случае являлись ^{60}Co и ^{58}Co , критическими видами продукции – молоко и мясо.

При планировании мониторинговых работ целесообразно сформировать оптимальные подходы к его проведению. С одной стороны, результаты мониторинга должны обеспечивать полновесную и достоверную оценку радиоэкологической ситуации, с другой – при проведении мониторинговых исследований необходимо избежать излишних финансово-материальных затрат.

Итоговым показателем, характеризующим воздействие выбросов и сбросов объекта ЯТЦ на население, является дозовая нагрузка. Так, согласно Санитарным правилам проектирования и эксплуатации атомных станций дозовая квота для проектируемых и строящихся АЭС составляет 100 мкЗв/год [6]. Дозовая квота установлена отдельно для газоаэрозольных выбросов и жидких сбросов – 50 мкЗв/год. В качестве нижней границы при оптимизации радиационной защиты населения в режиме нормальной эксплуатации АЭС принимается минимально значимая дозовая нагрузка, равная 10 мкЗв/год.

Следует отметить, что годовая доза облучения населения, рассчитанная на основе данных по газоаэрозольным выбросам опытно-демонстрационного энергокомплекса (ОДЭК) проекта “Прорыв” для усредненных метеоусловий, составляет 3,62 мкЗв [7]. Указанное значение приближается к величине минимальной дозовой квоты. Это обстоятельство демонстрирует необходимость корректной и полной оценки суммарной дозовой нагрузки с учетом всех путей облучения населения.

Вклады путей облучения варьируют в зависимости от специфики объекта ЯТЦ, в частности, от соотношения количеств отдельных радионуклидов, поступающих в окружающую среду. Расчеты, выполненные на основе данных, характеризующих атмосферные выбросы Ростовской АЭС в 2007 г., показали, что основной вклад в

суммарную дозу вносил пероральный путь облучения (64%) [8]. На основе аналогичных оценок по данным 2011 г. установлено, что наиболее радиологически значимый путь – облучение от облака выброса с превалирующим вкладом ^{135}Xe (58%). Различие в оценках обусловлено тем, что активность инертных радиоактивных газов, поступивших в атмосферу в 2011 г., примерно в 100 раз превышала активность в составе атмосферных выбросов 2007.

Оценки на основе программного средства CROM показали, что облучение от облака выброса является превалирующим путем формирования дозовой нагрузки на население от газоаэрозольных выбросов Ленинградской АЭС [9]. В то же время, для совокупности предприятий атомно-промышленного комплекса в этом регионе основной путь облучения - поступление радионуклидов в организм человека с продуктами питания. Путь облучения “от облака выброса” не является основным также и при формировании дозовой нагрузки на население в регионе расположения ОДЭК [7].

Вклады отдельных радионуклидов в дозовую нагрузку определяются характеристиками объекта ЯТЦ. Так, для АЭС с реакторами РБМК вклад ^{14}C составляет 5%, а для АЭС с реакторами ВВЭР – 95% [10]. Помимо этого радионуклида, основными вкладчиками в дозу облучения населения на территории, прилегающей к ОДЭК, будут являться ^3H , ^{210}Po , изотопы Pu [7]. Для комплекса радиационно-опасных объектов в регионе расположения Ленинградской АЭС основную дозовую нагрузку формирует ^{210}Pb .

Таким образом, учет всех значимых, с точки зрения суммарной дозовой нагрузки, радионуклидов и путей облучения, является важным аспектом радиоэкологического мониторинга. В настоящее время, при проведении мониторинговых работ в аграрных экосистемах обязательными радионуклидами, подлежащими контролю, являются ^{137}Cs и ^{90}Sr [11]. К тому же, в Российской Федерации годовые допустимые выбросы радиоактивных аэрозолей и газов в атмосферу разработаны только для ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{60}Co и РБГ (суммарное количество) [6]. В выбросах европейских АЭС контролируются, в общей сложности, 101 радионуклид, а также – β -, α -активность и ИРГ [10]. Наибольшее число параметров контролируется в Швеции (93), Испании (54), Болгарии (49), Словакии (48). Использование неполных исходных данных по составу радиоактивных выбросов приводит к недооценке суммарной дозовой нагрузки.

В качестве основных принципов радиоэкологического мониторинга радиационно-опасного объекта в процессе его эксплуатации следует выделить:

- **целостность** радиоэкологической оценки предприятий ЯТЦ (“мониторинг объекта”) с использованием в качестве итогового показателя дозовой нагрузки на население;
- **комплексность** оценки, позволяющая оценить суммарную дозовую нагрузку на население за счет всех путей облучения и основных дозообразующих радионуклидов;
- **оптимальную организацию** работ, сочетающую как экспериментальные, так расчетные методы, с целью разумной экономии средств, расходуемых на проведение мониторинговых следований;
- **обоснование необходимости** детализированных оценок на основе анализа результатов, полученных в рамках консервативного подхода;
- учет **конкретных условий** при выполнении расчетных оценок, включающих состав поступающих в окружающую среду радионуклидов, метеоданные, экологические характеристики, миграционные параметры и т.д.

Общая целевая установка радиоэкологического мониторинга ядерно-энергетического объекта – обеспечение достоверной оценки радиационного воздействия на население и компоненты окружающей среды с наименьшими затратами.

Достижение этой цели возможно только при сочетанном использовании экспериментальных методов (пробоотбор, пробоподготовка, измерения) и расчетных средств (миграционные и дозиметрические модели).

В ходе первичного радиоэкологического обследования территории, прилегающей к планируемому объекту ЯТЦ, формируется база данных, включающая фоновое содержание природных и техногенных радионуклидов в компонентах экосистем, экологические, метеорологические параметры, особенности рациона питания населения и другие показатели. Эта информация позволяет параметризовать миграционные и дозиметрические модели с учетом региональных условий.

На первом этапе мониторинговых работ проводятся сценарные расчеты дозовой нагрузки на население при различных значениях радиоэкологических параметров и метеорологических показателей. Анализ расчетной информации позволяет получить данные для проведения экспериментальных работ, направленных на консервативную оценку дозовой нагрузки:

- установить местоположение участков с максимальной плотностью радиоактивных выпадений;
- определить компоненты экосистем и радионуклиды, вносящие наибольший вклад в суммарную дозовую нагрузку;
- зафиксировать значения радиоэкологических показателей, обеспечивающих консервативность оценок.

Для идентификации компонентов окружающей среды (ОС) и радионуклидов, значимых с точки зрения дозообразования, формируем ряд парциальных дозовых нагрузок $\{D_k\}$ по убыванию значений D_k , каждое из которых получено для совокупности показателей “компонент ОС – радионуклид”. Далее, последовательно суммируем относительные значения D_k , проверяя на каждом шаге следующее условие:

$$\sum_k \frac{D_k}{D_{sum}} \geq 1 - \delta, \quad (1)$$

где δ – допустимое отклонение от суммарной дозовой нагрузки D_{sum} .

На втором этапе мониторинговых работ проводится экспериментальное определение содержания идентифицированных на предыдущем этапе радионуклидов в компонентах ОС на “критических участках” с использованием методик пробоотбора, пробоподготовки и измерения. Информация, полученная в ходе первичного радиоэкологического обследования зоны наблюдения объекта, позволяет исключить фоновые уровни содержания радионуклидов в компонентах ОС.

На основе полученных данных выполняется консервативная оценка суммарной дозовой нагрузки на “представительного человека” по всем путям облучения от объекта ЯТЦ. При таком подходе полагается, что все радиоэкологические процессы протекают в одной точке. В результате сопоставления D_{sum} с предельным значением дозовой нагрузки (D_{lim}) принимается решение о необходимости проведения дальнейших мониторинговых исследований. В качестве D_{lim} может быть принята величина 10 мкЗв/год, указанная в документе [6], как нижняя граница дозы облучения “при оптимизации радиационной защиты населения в режиме нормальной эксплуатации АЭС”.

При сопоставимых значениях D_{sum} и D_{lim} целесообразно выполнить оценку вероятности превышения дозового предела на территории зоны наблюдения объекта ЯТЦ. Оценка может быть проведена расчетным путем, без дорогостоящих экспериментальных исследований. Это утверждение основано на результатах обработки данных, характеризующих распределение радионуклидов по загрязненным территориям, в частности, в пределах зон наблюдения атомных электростанций.

Как отмечено в работе [11], частота значений удельной активности ^{137}Cs и ^{90}Sr в почвах 5 и 15 км зон Курской АЭС приближается к логнормальному распределению. Обработка данных для 30-км зоны Курской АЭС (объем выборки 300 значений) по-

казала, что распределение плотности загрязнения ^{137}Cs (A , кБк/м²) подчиняется логнормальному закону. Для статистического обоснования этого утверждения рассчитано значение критерия согласия Колмогорова-Смирнова, позволяющего оценить соответствие выборки $\ln(A)$ нормальному распределению. Рассчитанное значение этого критерия (0,0773) удовлетворяет критическому значению [12] на уровне значимости 0,01 (1%). Получены величины параметров нормального распределения $N(\mu, \sigma)$ для логарифма плотности загрязнения ^{137}Cs на территории 30-км зоны Курской АЭС. Среднее значение μ и стандартное отклонение σ составили 1,03 и 0,46 соответственно.

Аналогичные оценки проведены для плотности загрязнения почвы ^{137}Cs (A , кБк/м²) в 30-км зоне Ростовской АЭС (объем выборки 593 значения). Значение параметра σ нормального распределения $N(\mu, \sigma)$ для логарифма плотности загрязнения $\ln(A)$ составило 0,44 при величине μ равной 0,097. Поскольку величины σ для рассмотренных случаев являются близкими, можно предположить устойчивость количественной оценки этого параметра. При обработке данных следует оценить присутствие в пробах радионуклидов “не стационарного происхождения”, прежде всего для территорий, подвергшихся чернобыльским выпадениям. С этой целью необходимо проанализировать информацию, полученную в ходе первичного фонового обследования. Допущения об универсальности логнормального закона распределения радионуклидов по территории зон наблюдения АЭС и устойчивости количественной оценки дисперсии дают возможность восстановить статистическое распределение показателя A с использованием данных консервативной оценки.

На основе распределения суммарной дозовой нагрузки $p(D)$ можно рассчитать вероятность (риск) R превышения предельного значения D_{lim} . Результаты консервативной и вероятностной оценки являются основой принятия решений о необходимости проведения детализированных мониторинговых исследований в районе расположения рассматриваемого объекта ЯТЦ. Подход, сочетающий экспериментальные и расчетные методы, позволяет обеспечить оптимальную радиоэкологическую оценку объекта ЯТЦ.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (соглашение №18-19-00016).

Список литературы:

1. Radiation protection and safety of radiation sources: international basic safety standards. IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 3. Vienna, 2014.
2. Большов Л.А. Ядерная безопасность как фактор экономики // Атомный эксперт. – 2016. – № 8(50). – С. 38-45.
3. Алексахин Р.М. Актуальные экологические проблемы ядерной энергетики // Атомная энергия. – 2013. – Т. 114. – Вып. 5. – С. 243–249.
4. Крышев И.И., Рязанцев Е.П. Экологическая безопасность ядерно-энергетического комплекса России. М.: ИздАт, 2010. – 496 с.
5. Кузнецов В.К., Санжарова Н.И., Алексахин Р.М. Радиационно-гигиенические аспекты использования воды водоемов-охладителей АЭС для орошения сельскохозяйственных угодий // Медицинская радиология и радиационная безопасность. – 2004. – Т. 49. – № 6. – С. 27-36.
6. Санитарные правила проектирования и эксплуатации атомных станций (СП АС-03). Санитарные правила и гигиенические нормативы. СанПин 2.6.1.24-03. М.: Минздрав России. 2003. – 41 с.
7. Спирин Д.А., Алексахин Р.М. Структура дозы облучения населения при эксплуатации предприятий опытного демонстрационного энергокомплекса // Атомная энергия. – 2018. – Т. 124. – Вып. 3. – С. 169-173.

8. Шарпан Л.А., Карпенко Е.И., Спиридонов С.И. Оценка дозы облучения населения в результате атмосферных выбросов Ростовской АЭС // Атомная энергия. – 2013. – Т. 115. – Вып. 3. – С. 163-166.
9. Карпенко Е.И., Спиридонов С.И., Куртмулаева В.Э. Долгосрочный прогноз дозовых нагрузок на население при штатных атмосферных выбросах Ленинградской АЭС-2 с помощью программного средства CROM // Радиация и Риск. – 2018. – Т. 27. – №2. – С. 20-27.
10. Екидин А.А., Жуковский М.В., Васянович М.Е. Идентификация основных дозобразующих радионуклидов в выбросах АЭС // Атомная энергия. – 2016. – Т. 120. – Вып. 2. – С. 106-108.
11. Кузнецов В.К., Исамов Н.Н., Сидорова Е.В. и др. Результаты радиоэкологического мониторинга агроэкосистем в районе расположения Курской АЭС // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – 2018. – Т. 29. – № 1. – С.70-85.
12. Закс Л. Статистическое оценивание. М.: Статистика. 1976. – 598 с.

**APPROACH TO OPTIMISATION OF RADIOECOLOGICAL MONITORING
IN THE VICINITY OF NUCLEAR FUEL CYCLE ENTERPRISES**

S.I. Spiridonov, V.K. Kuznetsov, A.V. Panov, I.E. Titov

Russia Institute of Radiology and Agroecology, Obninsk, 249032, Russia,

e-mail: riar@mail.ru

Abstract

The principles of "object monitoring" were formulated. They include the comprehensive evaluation of the integrated index - the radiation dose considering all pathways of radiation exposure and the optimal organisation of works combining both experimental and calculation methods. The paper presents the outline of the "stepwise approach" to radioecological monitoring of the nuclear fuel cycle enterprise. The estimates performed at the first stage (after the initial radioecological survey) allow planning the experimental work focused on conservative assessment of the total dose. Based on the processing of experimental data obtained in the observation zones of nuclear power plants during the normal operation, there was established the law of the distribution of contamination density of soil by radionuclides, and the dispersion values were determined. The stability of the value of this parameter makes it possible to use it for quantitative characterisation of similar radioecological situations. The results of a point conservative estimation and additional probabilistic analysis allow for the conclusion on the necessity of more expensive detail research. All the above mentioned allows to formulate the conditions for making such a decision: a conservative assessment of the radiation dose of the population above the threshold value and the probability of exceeding this value greater than the prescribed limit.

УДК 621.383

ПРОЕКТ СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ С ПАРАБОЛОЦИЛИНДРИЧЕСКИМИ КОНЦЕНТРАТОРАМИ В ПУСТЫННОЙ ЗОНЕ КАРАКУМЫ

Д.С. Стебков¹, А.М. Пенджиев²

¹ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»,
г. Москва, РФ, e-mail: nauka-ds@mail.ru

²Туркменский государственный архитектурно-строительный институт,
г. Ашхабад, Республика Туркменистан, e-mail: ampenjiev@rambler.ru

Внедрение в производство возобновляемых источников энергии даст возможность находить научные решения, связанные с главными вопросами современной жизни человечества, - изменением климата на Земном шаре, благоприятной экологией, обеспечением энергетической безопасности в мире.

По сравнению с другими возобновляемыми видами энергетики солнечная является наиболее экологически чистым видом энергии. На территории Туркменистана солнечный энергетический потенциал огромен и составляет $4 \cdot 10^{15}$ кДж или $1.4 \cdot 10^9$ т у. т. в год.

Целью исследования является возможность использования солнечной электростанции с параболоцилиндрическими концентраторами в пустынной зоне Каракумы.

Научная новизна исследования заключается в приведенных предварительных расчетах солнечной электростанции с параболоцилиндрическими концентраторами электрической мощностью 1 ГВт для строительства в пустынной зоне Каракумы.

Солнечной электростанции с параболоцилиндрическими концентраторами. Предлагается Проект солнечной электростанции (СЭ) с параболоцилиндрическими концентраторами электрической мощностью 1 ГВт с КПД фотореобразователей 25% для строительства в пустынной зоне Каракумы.

Использование СЭ в качестве источников электроэнергии приобрело актуальность еще в конце пятидесятых годов с появлением искусственных спутников Земли. Наземные солнечные фотоэлектрические станции с концентраторами солнечного излучения появились в начале 1970-х годов [1-6]. Мощность этих установок не превышала 0,5 кВт, тепло, отводимое от СЭ, не использовалось. Имеются гелиоустановки, предназначенные только для получения тепла и преобразующие тепловую энергию путем термодинамического цикла в механическую, затем в электрическую [4]. Однако солнечные установки небольшой мощности с термодинамическим циклом преобразования малоэффективны ввиду трудности стабилизации температурных параметров. Сочетание же фотоэлектрического и термодинамического циклов преобразования солнечной энергии увеличивает эффективность установки. Действительно, запуск термодинамической части облегчается электрической энергией, вырабатываемой СЭ, а ее тепловая инерционность позволяет сгладить выработку электроэнергии в моменты кратковременных колебаний прихода солнечной радиации.

В 1985 г. нами осуществлен монтаж и физический пуск комбинированной солнечной фотоэлектрической станции СФЭС–10 для выработки электрической энергии и тепла, единственной такого рода в СССР. Большой вклад в разработку и создание солнечной электростанции мощностью 10 кВт внесли начальник лаборатории НПО «Квант», к.т.н. Трушевский С.Н. и начальник туркменской базовой лаборатории к.ф.-м.н. Базаров Б.А. Номинальная мощность СФЭС–10 10 кВт электрической и 120 кВт тепловой мощности при энергетической освещенности 1000 Вт/м^2 и температуре окружающей среды от $+25^\circ\text{C}$, СФЭС–10 состоит из 6 линий, работающих независимо друг от друга [13].

Линии 1, 2 выполнены без концентрации, на основе блоков солнечных модулей (СМ) в трубчатых модулях, в два ряда на опорных конструкциях с ручной коррекцией угла наклона рабочей поверхности СЭ в течение года. Общее количество блоков в двух рядах 368. В каждом блоке ток короткого замыкания $I_{к.з.} = 0,65$ А, фото-э.д.с. $U_0 = 20$ В. Оптимальный ток $I_0 = 0,62$ А при оптимальном напряжении $U_0 = 16$ В. СМ скоммутированы из 13 последовательно соединенных блоков, обеспечивающих оптимальное напряжение 200 В. Таким образом, линии 1, 2 состоят из 28 блоков, соединенных между собой параллельно. Для устранения взаимного шунтирования вследствие разброса напряжения каждый СМ снабжен развязывающим диодом. Четыре трубчатых блока СМ соединены параллельно и служат для питания систем слежения четырех линий станции.

Линии 3, 4 выполнены на базе линейных параболоцилиндрических концентраторов, установленных на опорноповоротных конструкциях (рис. 1). Каждая линия состоит из 22 концентраторов на основе жесткого пенополиуретана марки 308–Н. Концентраторы изготовлены укладкой зеркальных стеклянных фацет шириной 30 мм на параболоцилиндрическую матрицу с последующей фиксацией их жестким пенополиуретаном. Ширина каждого концентратора 2, длина 1,5 м.



Рис. 1. СЭС с параболоцилиндрическими концентраторами в г. Ашхабаде, м. Бикрова, 1986 г.

Фокусное расстояние F 1 м. Максимальная концентрация, обеспечиваемая концентратором, 20, средняя по ширине фокальной линии 80 мм – 15. Оптический КПД концентраторов 65%. В фокусе концентраторов каждой линии установлено 10 фотоприемников, соединенных между собой гидравлически последовательно, а электрически последовательно по 5 шт. в 4 секции. Технические данные фотоприемников при энергетической освещенности 1000 Вт/м² и температуре 40°C , а также их электрические параметры при работе в условиях концентрированного излучения в случае концентрации солнечного излучения $K=15$ приведены в таблице 1.

Линии 3, 4 снабжены системами слежения, состоящими из мотор-редукторов и электронных блоков управления с датчиками, обеспечивающими автоматическое слежение за Солнцем в течение дня по углу склонения. Слежение за склонением Солнца обеспечивается поворотом системы концентратор – фотоприемник вокруг оси вращения, проходящей через центр тяжести. Линии 3, 4 на выходе снабжены оптико-электронными датчиками для регистрации наличия в охлаждающем контуре воды. В случае отсутствия в контуре воды или образования воздушных пробок на

пульт управления станции поступает сигнал, загорается красная лампочка и подается звуковой сигнал.

Таблица 1

Технические параметры фотоприемников для параболических концентраторов

Параметры	Энергоосвещенность 1000 Вт/м ² , температура СЭ 40° С	Концентрация солнечного излучения К=15
ЭДС, В	Не менее 47	Не менее 54
Ток короткого замыкания, А	0,395	5,95
Номинальный ток, А При U 36 В U 42 В	0,36 - -	- 5.0
Мощность, Вт	13	200
Габаритный размер, м	2,8 x 0,08	

Линии 5, 6 выполнены на основе зеркал Френеля, установленных на опорах. Зеркала Френеля состоят из бетонного основания, на которое эпоксидным клеем приклеены зеркальные facets. Фокусное расстояние каждого зеркала Френеля F 2 м. Слежение за видимым изменением склонения Солнца в течение дня обеспечивается перемещением фотоприемников.

Энергетические параметры СЭС. Параметры фотоприемников такие же, как на линиях 3, 4. Для регистрации основных параметров станции в процессе работы (ток, напряжение, температура воды на выходе) на пульте управления установлены 16 приборов типа Н-392, а также самописцы КСП-4. Станция снабжена измерителем температуры релаксационно-дистанционного действия (ИТРД) с датчиком, обеспечивающим измерение температур в точке установки датчика, а также окружающей среды. Энергетические параметры станции при энергетической освещенности 1000 Вт/м² и температуре воздуха 40°С рассмотрены в таблице 2.

Таблица 2

Энергетические параметры СЭС

Мощность, Вт: - электрическая - тепловая	Не менее 10,0 Не мене 120,0
Температура воды на выходе, °С	40±80
Массовый расход воды, кг/с	1,5±0,5

Электрическая мощность с каждой последовательно соединенной секции суммируется с развязкой через диод сначала на линиях, затем на пульте управления станции. Постоянный электрический ток преобразуется инвертором в трехфазный с частотой 50 Гц. Инвертор может работать как в ведомом режиме с опорным напряжением от трехфазной сети частотой 50 Гц, так и в автономном, выдавая трехфазное напряжение 380 В частотой 50 Гц без опорного. В первом случае КПД инвертора 90, во втором 85% [4].

Пример выполнения солнечной электростанции (СЭС). СЭС имеет параболический концентратор длиной 150 м, с размерами миделя воспринимающей поверхности 6×150 м. В фокальной области вдоль оптической оси установлен фотоприемник на основе матричных солнечных элементов размерами 0,06×150 м, у которых плоскости р-п переходов перпендикулярны оптической оси концентратора и параллельны падающей и отраженной солнечной радиации. Фотоприемник заключен в прозрачную стеклянную оболочку внешним диаметром 70 мм, которая запол-

нена кремнийорганическим теплоносителем. Концентратор ориентирован с севера на юг, имеет коэффициент концентрации 70. СЭС имеет пиковую мощность 150 кВт при освещенности 1 кВт/м², температуре 25° С и КПД 20%. Напряжение на выходе матричных солнечных элементов составляет 1800 В на 1 погонный метр длины фотоприемника. Напряжение на выходе СЭС от 500 В до 270 кВ, в зависимости от числа параллельно и последовательно соединенных секций фотоприемника.

Расположение плоскости р–п переходов 6 параллельно концентрированному потоку I₀ солнечного излучения позволяет получить два важных преимущества СЭС по сравнению с известной конструкцией.

Удельная мощность на паротурбинной СЭС на 1 м² площади земли 25 Вт/м², на 1 погонный метр приемника 537 Вт/м.

Рассчитаем пиковую электрическую мощность СЭС:

$$P_{эл} = E_0 \cdot \eta_{опт} \cdot \eta_{эл} \cdot S_{миделя}, \quad (1)$$

где E₀ – стандартная солнечная радиация;

η_{опт} – оптический КПД СЭС;

η_{эл. фп} – электрический КПД фотоприемника.

Принимая E₀ = 1 кВт/м², η_{опт} = 0,85, η_{эл. фп} = 0,2, S_{миделя} = 6 м² на один погонный метр СЭС, получим P_{эл} = 1,02 кВт/м, что почти в 2 раза выше, чем у паротурбинной СЭС с концентраторами.

Слежение по одной оси увеличивает производство электроэнергии на 31%, слежение по двум осям – на 36% по сравнению со стационарной СЭС.

Из других преимуществ предлагаемой СЭС по сравнению с солнечной паротурбинной электростанцией отметим сокращение потребления воды в объеме 850 000 м³/год, отсутствие необходимости в котле-парогенераторе и паротурбинном энергоблоке, возможность быстрого ввода в эксплуатацию СЭС в виде отдельных энергоблоков мощностью 150 кВт длиной 150 м с автономным слежением за Солнцем. В таблице 3 представлен предлагаемый проект солнечной фотоэлектрической станции с мощностью 1ГВт и технико-экономическими характеристиками в пустыне Каракумы.

Еще одним преимуществом СЭС является генерация высокого напряжения 1800 В на 1 погонный метр или 270 кВ на 1 энергоблок длиной 150 м и передача электрической энергии к месту потребления по высоковольтным линиям постоянного тока без использования преобразователей и трансформаторов высокого напряжения на передающей подстанции.

Высокую надежность и длительный ресурс работы имеет СЭС, содержащая СЭ и концентраторы на основе зеркальных отражателей, выполненных в виде фасет, в которой СЭ и фасеты помещены в восстановительную среду и заключены в прозрачные герметичные цилиндрические оболочки из стекла с радиусом кривизны от 20 до 200 мм. Плоские фасеты в оболочках образуют оптическую поверхность зеркала Френеля, параболического цилиндра или фоклина [2-4]. Стекланные цилиндрические поверхности обладают свойством самоочищения от пыли и грязи, а водородная среда внутри оболочки увеличивает срок службы зеркального покрытия и СЭ. В таблице 3 приведены основные технико-экономические характеристики СЭС и другие данные Проекта солнечной электростанции с концентратором мощностью 1 ГВт с КПД фотореобразователей 25% в пустыне Каракумы.

Выводы. Предлагаемый проект солнечной фотоэлектрической станции в пустыне Каракумы с технико-экономическими характеристиками: мощностью 1 ГВт с годовым производством электроэнергии 1,3-1,7 млрд. кВт ч и напряжением 2000 В, со стоимостью станции 1 млрд. евро экономит нефти 6 млн. баррелей / год. Передача электрической энергии к месту потребления по высоковольтным линиям постоянного тока без использования преобразователей и трансформаторов высокого напряжения на передающей подстанции принесет прибыль от продажи электроэнергии в сопредельные государства Афганистан, Пакистан, Иран, Турцию.

Проект солнечной электростанции с концентратором мощностью 1 ГВт с КПД фотореобразователей 25% в пустыне Каракумы

Основные технико-экономические характеристики СЭС:													
Электрическая мощность	1ГВт;												
КПД матричных солнечных элементов	25%;												
Напряжение	2000 В на погонный метр фотопремника;												
Годовое производство электроэнергии	1,3-1,7 млрд. кВт ч;												
Занимаемая площадь территории	25 км ² ;												
Стоимость	1 млрд. евро;												
Экономия нефти	6 млн. баррелей / год;												
Не менее 20000 новых рабочих мест в энергетике и смежных областях													
Передача электроэнергии в сопредельные государства (Афганистан, Иран, Турция, Пакистан).													
Месячная производительность СЭС, млн. кВтч													
Месяцы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Ориентация панелей	Стационарные панели, ориентированные на юг												
Наклон 30°	61,8	72,0	91,6	108,7	137,1	142,1	151,2	148,6	136,0	114,8	74,0	55,7	1293,6
Ориентация панелей	Панели со слежением за Солнцем												
Полярная ось	74,8	87,2	111,2	136,3	182,4	195,5	209,2	204,0	182,1	149,3	91,7	67,2	1689,9
Две оси	77,3	87,2	111,5	137,5	191,4	209,4	215,3	213,1	182,2	151,1	94,8	70,2	1741,7

Список литературы:

1. Виссарионов В.И., Дерюгина Г.В., Кузницова В.А., Малинин Н.К. Солнечная энергетика/. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008. -276.
2. Пенджиев А.М. Экологические проблемы освоения пустынь: монография / А.М. Пенджиев– Германия: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. - 226 с. ISBN 978-3-8433-9325-6.
3. Пенджиев А.М. Основы ГИС в развитии возобновляемой энергетики: монография / А.М. Пенджиев– Германия: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2017. - 308 с. ISBN 978-620-2-01229-4.
4. Стребков Д.С., Пенджиев А.М., Мамедахадов Б.Д. Развитие солнечной энергетике в Туркменистане: монография. -М.: ГНУ ВИЭСХ, 2012.-498 с.
5. Стребков Д.С., Третьякович Э.В. Концентраторы солнечного излучения: монография/ Ресурсы и эффективность использования возобновляемых источников энергии в России: монография/ Коллектив авторов. -М.: Наука,2003.-314 с.

PROJECT OF SOLAR POWER PLANT WITH PARABOLOLCYLINDRICAL CONCENTRATORS IN THE DESERTED AREA OF KARAKUM

D.S. Stebkov¹, A.M. Penjiyev²

¹*Federal Research Institute of Agro-Engineering Center VIM, Moscow, 109456, Russian Federation, e-mail: nauka-ds@mail.ru;*

²*Turkmen State Architectural and Construction Institute, Ashgabat, Turkmenistan, e-mail: ampenjiev@rambler.ru*

Abstract

The report proposed a project of a solar photovoltaic station in the Karakum Desert with technical and economic characteristics: with a capacity of 1 GW with annual electricity production of 1.3-1.7 billion kWh and voltage of 2000 V, with a station cost of 1 billion euro with oil saving 6 million barrels / year, the transfer of electrical energy to the place of consumption via high-voltage DC lines without the use of converters and high-voltage transformers at the transmitting substation will bring profit from the sale of electricity to the adjacent source s State of Afghanistan, Pakistan, Iran and Turkey.

УДК 621.548

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СУЩЕСТВОВАНИЯ КОРОНИЯ И НЬЮТОНИЯ, ПРЕДСКАЗАННОГО Д.И. МЕНДЕЛЕЕВЫМ

С.Д. Стрекалов

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный технический университет»,
г. Волгоград, 400005, Россия, e-mail: strekalov_sergey@mail.ru*

Предсказательные свойства Периодического закона Д.И. Менделеева и на современном этапе развития науки позволяют объяснить строение материи на примере объектов, меньших атома Водорода. По его предсказаниям должны существовать элементы Короний и Ньютоний, имеющие дробные заряды. К ним можно отнести кварки и мезоны. Именно с этих элементов начинаются волны Менделеева.

Предсказательная способность периодического закона Д.И. Менделеева многократно подтверждалась открытием новых химических элементов. В одной из своих последних работ он сделал предположение о существовании двух элементов с атомной массой, меньшей массы водорода. Он дал им название «Короний» и «Ньютоний» и обозначил X и Y. Эти элементы расположены в интервале между нулем и единицей, следовательно, при равных интервалах им можно присвоить номера: Ньютонию – $1/3$, Коронию - $2/3$. Ядро Ньютония должно иметь заряд $+1/3e$, Короний $+2/3e$.

Исследованиями Гелл- Мана было доказано, что протон состоит из трех кварков. Верхние кварки имеют заряд $+2/3e$, нижний кварк - $1/3e$. Кварк $+2/3e$ может являться ядром Корония.

Согласно теории Поля Дирака каждой частице соответствует античастица, нижнему кварку $-1/3e$ соответствует антикварк $+1/3e$. Именно он может быть ядром Ньютония.

Сами элементы Ньютоний и Короний могут быть представлены системами «кварк-антикварк».

В то же время известно, что частицы, состоящие из кварка и антикварка, экспериментально обнаружены, такие частицы первоначально найдены в космических лучах, а в настоящее время получены искусственно. Эти частицы названы мезонами. Следовательно, мезоны и являются Ньютонием и Коронием, существование которых предсказывал Д.И. Менделеев.

Известны несколько поколений мезонов, которые можно рассматривать как изотопы Корония и Ньютония.

На рисунке1 представлены волны Менделеева в виде затухающих волн химических элементов, расположенных в строгом соответствии с периодическим законом Д.И. Менделеева.

Известны химические элементы четырех волн. Эти волны имеют номера 1,2,3,4. Амплитуды волн определяются зависимостью $y=2x^2$, длина волны $y=4x^2$, где x- номер волны. Каждая волна начинается активным элементом. На вершинах волн расположены благородные элементы. 4-я волна включает 64 элемента Cs-Og, 3-я волна 36 элементов K-Xe, 2-я волна 16 элементов Li-Ar, 1-я волна 4 элемента H-He. Элементы Ньютоний-X и Короний-Y составляют начальную часть первой волны. Без них первая волна была бы не полной. Это еще раз доказывает достоверность предсказаний Д.И. Менделеева.

По словам Менделеева «высшей точки в познании природы нельзя достичь, не принимая в большое внимание индивидуального, в котором химия отыскивает общие законы».

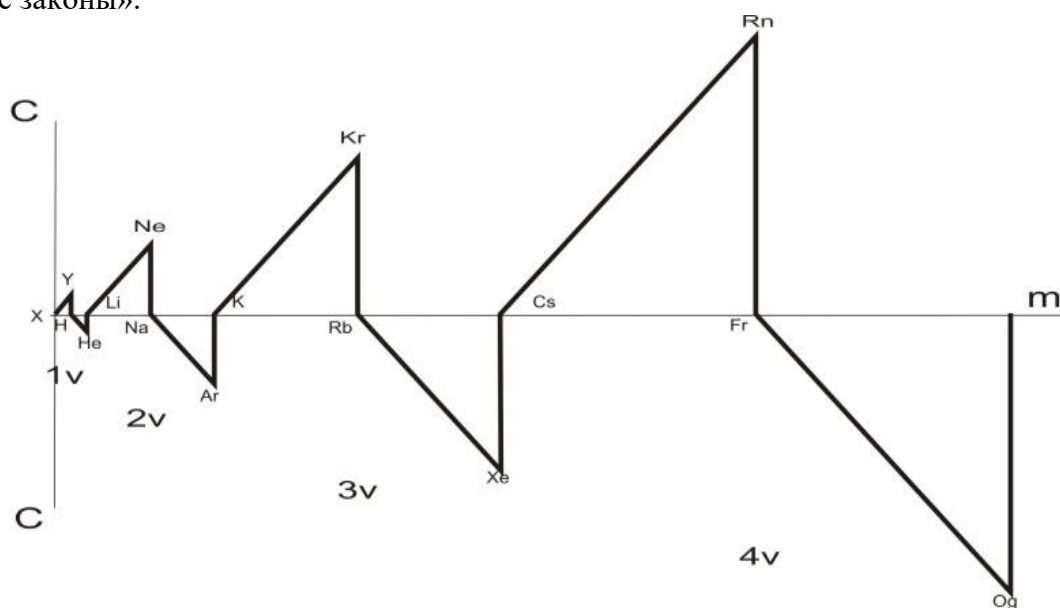


Рис.1. Волны Менделеева

Таким образом, предсказательные свойства Периодического закона Д.И. Менделеева и на современном этапе развития науки позволяют объяснить строение материи на примере объектов, меньших атома Водорода.

Список литературы:

1. Менделеев, Д.И. Основы химии. Т.1. Тринадцатое издание / Д.И. Менделеев. – Государственное научно-техническое изд-во химической лит-ры. - М. - Ленинград, 1947. - С.14.
2. Murray Gell-Mann. The Quark and the Jaguar. - 1994.
3. Стрекалов, С.Д. Физическая химия: Полюсные модели элементов и систем. / С.Д. Стрекалов. - Федер. гос. бюджет. образов. учреждение высш. проф. образования «Волгогр.гос.ун-т», - 2-е изд., перер. и дополн. - Волгоград: Изд-во ВолГУ, 2011. - 136.

EXPERIMENTAL CONFIRMATION OF THE EXISTENCE OF CORONIA AND NEWTONIA PREDICTED BY DI MENDELEEV

S.D. Strekalov

Volgograd State Technical University, Volgograd, 400005, Russia

e-mail: rector@vstu.ru

Abstract

Predictive properties of the Periodic Law D.I. Mendeleev and at the present stage of development of science allow us to explain the structure of matter by the example of objects smaller than the Hydrogen atom. According to his predictions, the elements Coronius and Newtonium, which have fractional charges, must exist. These include quarks and mesons. It is from these elements that Mendeleev waves begin.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВЕТРОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ВОЛНОВОГО ТИПА

С.Д. Стрекалов¹, Л.П. Стрекалова², В.В. Курбатов²

¹ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный технический университет»,
г. Волгоград, 400005, Россия, e-mail: strekalov_sergey@mail.ru

² Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет»,
г. Волгоград, 400008, Россия, e-mail: strekalovalp@mail.ru

В статье проанализированы существующие преобразователи ветровой энергии, даны краткие конструктивные отличия, принцип работы. Отмечена необходимость поиска более эффективного преобразования энергии потока ветра, органично вписывающихся в природный ландшафт. Предложен вариант ветропреобразователей волнового типа, имеющих определенные конструктивные и энергетические преимущества, дан их сравнительный анализ, принцип взаимодействия ветроприемной поверхности с потоком воздушной среды.

Проблема энергоресурсосбережения является в настоящее время одной из наиболее актуальных. При ежегодном расходе 351 млн. т.у.т. на тепло- и электрогенерирование отмечаются неудовлетворительные экологические показатели по количеству выбрасываемых в окружающую среду вредных оксидов серы, азота, углерода [1]. Поэтому одним из приоритетов в деятельности топливно-энергетического комплекса является принятие мер по эффективному использованию топливно-энергетических ресурсов с переходом на энергосберегающий путь, являющегося средством решения проблем устойчивого развития экономики страны. К тому же энергосбережение в России в современных условиях послужит одним из эффективных инструментов решения глобальных экологических проблем.

Мировой экономический ресурс возобновляемых источников энергии может обеспечить значительную экономию традиционного энергетического сырья, что указывает на оптимистический прогноз пути развития энергетики ближайшего будущего.

Согласно энергетической стратегии России до 2030 года, принятой Правительством Российской Федерации от 23 августа 2003г №1234-р, уделяется большое внимание необходимости использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ), которые будут способствовать снижению экологической нагрузки от деятельности топливно-энергетического комплекса.

Ветроэнергетика является объективной заменой топливной энергетике, отрицательно влияющей на среду обитания человека.

Принимая во внимание растущую экономическую привлекательность ветровой энергии в сочетании с практически неограниченными ветроэнергетическими ресурсами планеты, теоретически возможно снабжение всего человечества электроэнергией, практически полностью произведенной только на основе ветра и предположительно к 2020 г. установленная мощность ветроэнергетики достигнет 1000 гВт [2].

В 1931 году в СССР, впервые в мире, была построена ветроустановка мощностью 100 кВт, а в пятидесятые годы прошлого века в нашей стране ежегодно выпускалось примерно 9000 ветроустановок мощностью до 30 кВт. [8]. Однако в последующие годы развитие этого направления в СССР было остановлено и весь приоритет был направлен на проектирование и строительство крупных гидро-, тепло- и атомных электростанций [3].

Ветроэнергетические установки классифицируются по многим признакам: конструкциям ветроколеса, ориентации ротора - положению его оси вращения по отношению к поверхности земли, принципу действия, скорости вращения и др. Конструктивно различают два вида установок: с горизонтальной осью вращения (крыльчатые), получившие преимущественное распространение и повсеместное подключение к энергосистемам из-за более высокого коэффициента использования энергии ветра (0,593 для идеального ветродвигателя), и вертикальной осью вращения (карусельные), с коэффициентом использования энергии ветра 0,195 до 0,35 для ротора Дарье [4]. По скорости ветра (или числа Рейнольдса (Re), при котором они работают, ветротурбины делятся на тихоходные ($Re < 103$), среднескоростные ($103 < Re < 105$), высокоскоростные ($Re > 105$). Различаются по количеству лопастей на однолопастные, двухлопастные, трехлопастные и многолопастные и по местоположению – на офшорные и береговые.

Общими недостатками для горизонтальных ветроустановок являются:

- большой уровень шума инфразвуковой частоты, вызывающих вибрацию;
- зависимость от направления ветра;
- зависимость от диапазона ветров, включая – пусковую скорость;
- строительство высоких и мощных мачт;
- сложность обслуживания гондолы на высоте;
- сложность изготовления профильного крыла.

Ветрогенераторы так называемой ортогональной конструкции (карусельные), т.е. с вертикальным расположением оси вращения имеют преимущество в виде очень малой скорости ветра, необходимой для начала работы. Они более просты в эксплуатации и надёжны, однако их мощность и КПД невысоки, кроме того, проблемой является механизм торможения. Поэтому ортогональные (карусельные) ветроагрегаты не получили практического распространения в ветроэнергетике.

Увеличение мощности ветродвигателей достигается за счет увеличения ометаемой поверхности. Одним из существующих в мире подходов к решению этой задачи является создание ветродвигателей волнового типа.

К новому типу преобразователей энергии потока среды относится ветродвигатель волнового типа, новизна которого зарегистрирована в СССР в 1986 году [5], полученный выделением одного звена из многозвенной волновой поверхности (МВП), при этом взаимодействие единичного участка (звена) волновой поверхности со сплошной средой, воздействующей на звено, характеризуется его колебанием.

Основная особенность такой конструкции состоит в том, что в процессе работы осцилляторы (элементы ветроприемной поверхности) описывают сложные траектории движения. Эти траектории можно рассматривать как движение элементов, жестко связанных с касательной к некоторой образующей волне.

Частота и амплитуда колебаний, совершаемых ветроприемной поверхностью волнового ветродвигателя (ВВД), определяется параметрами колебательной системы и величиной подводимого потока ветровой энергии.

Принцип действия волнового ветродвигателя (ВВД) основан на взаимно дополняющих взаимодействиях базовой и консольной точек ветроприёмной поверхности (осцилляторов) с ветровым потоком (рис.1). Эти взаимодействия вызывают автоколебательное движение системы осцилляторов, а их взаимное дополнение связано с тем, что между базовым и консольным осциллятором имеется сдвиг по фазе, обусловленный наложенной кинематической связью. Основное преимущество данного ветродвигателя заключается в том, что угол атаки осцилляторов не столь значительно отклоняется от 90 градусов, а значит, процент использования площади осцилляторов достаточно высокий. При заданном фазовом смещении базового и консольного осцилляторов звена, являющегося маятником с подвижной точкой опоры, воздействующий непрерывный ветровой поток вызывает автоколебание приемной поверх-

ности (звена) 1, передаваемого кривошипно-шатунному механизму с маховиком, приводя его во вращение. С вала маховика движение передается на преобразователи механической энергии.

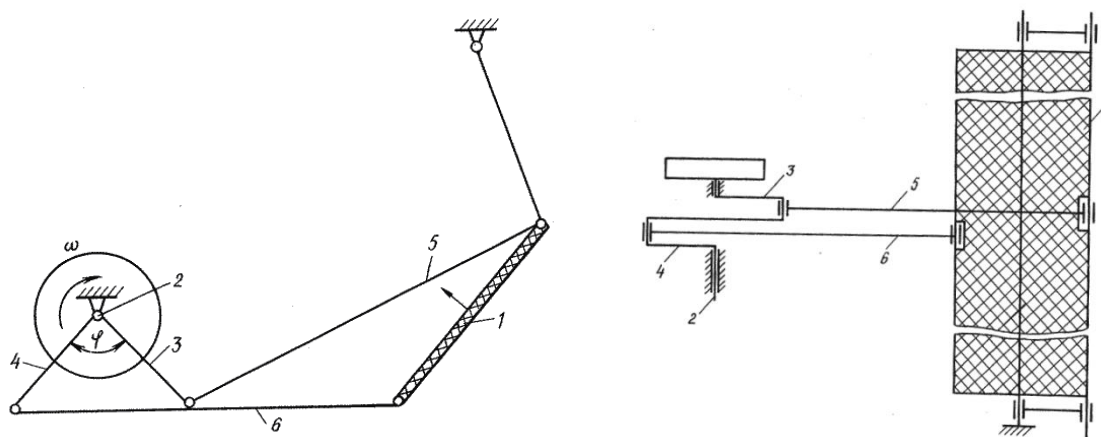


Рис. 1. Ветродвижитель волнового типа (ВВД-1):
1 – ветроприемная поверхность, 2- вал, 3,4 – коленвал, 5,6 – шатуны

Упрощенная модификация конструкции ВВД представлена на рисунке 2, когда ветроприемная поверхность жестко связана с шатуном кривошипно-шатунного механизма [6].

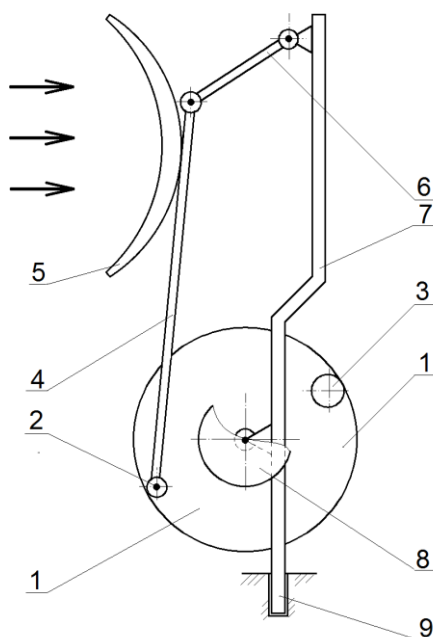


Рис. 2. Ветродвижитель волнового типа ВВД-2:
1 – маховик, 2 – кривошип, 3 – балансир, 4 – шатун, 5 – ветровоспринимающая поверхность, 6 – соединительное звено, 7 – рама, 8 – противовес маховика, 9 – опора

Конструкция ВВД-2 детально рассмотрена в работах, проводимых в институте механики МГУ [7, 8, 9]. Используя метод вихревых доменов, авторами описан характер взаимодействия потока ветра с лопастью волнового ветродвижателя. Проведенное исследование вихревых механизмов автоколебаний для широкого диапазона чисел Рейнольдса (от 300 до 50000) показало, что полезными для поддержания движения являются мощные «кромочные» вихри, а вторичные вихри играют диссипативную роль. Показано, что уменьшение числа Рейнольдса от 33333 до 333 слабо

влияет на основные кромочные и вторичные вихри, но приводит к увеличению толщины пограничного слоя с наветренной стороны осциллятора. Таким образом, преобладающая роль кромочных вихрей сохраняется, но возрастает сила трения, действующая на осциллятор, что и приводит к некоторому замедлению вращения ротора. Сделали вывод, о возможности получения коэффициента использования энергии ветра на уровне идеального ветродвигателя крыльчатого типа, работающего без потерь, согласно теории Н.Е. Жуковского, равного 0,593, при увеличении числа лопастей. Энергию этого ветродвигателя можно снимать как с кривошипного вала (вращательное движение), так и соединительного звена (колебательное движение).

Натурные испытания описанных модификаций автоколебательных ВВД выявили недостаток - наличие неуравновешенных масс, ведущих к возникновению вибрации конструктивных элементов, что может отрицательно сказываться на долговечности конструкции.

Для устранения отмеченного недостатка в конструкцию (рис.3) было введено дополнительное крыло, благодаря чему в процессе работы крылья ВД движутся навстречу друг другу, что позволяет в значительной мере скомпенсировать вибрационные нагрузки на элементы рамы и фундамент [10]. Под действием подъемной силы воздушного потока крыло 9, расположенное под положительным углом атаки, поднимается вверх, поворачивая кривошипный вал 4 по часовой стрелке. Положительный угол атаки лопасти 9 сохраняется до момента, пока колено 6 вала 4 не займет крайнее верхнее положение, соответствующее верхней «мертвой точке». При переходе лопасти 9 через свою верхнюю «мертвую точку» угол атаки лопасти становится отрицательным и под действием потока ветра лопасть 9 начинает опускаться вниз, продолжая поворачивать вал 4 по часовой стрелке. В нижней «мертвой точке» угол атаки лопасти 9 снова становится положительным, лопасть начинает подниматься вверх, продолжая поворачивать вал 4 по часовой стрелке. Нижнее крыло 10 работает аналогичным образом, обеспечивая поворот коленчатого вала по часовой стрелке. Так как колена 5 и 6 вала 4 установлены со смещением на угол 90 градусов, отсутствие усилия на вал 4 со стороны одной из лопастей при нахождении ее в своей «мертвой точке» компенсируется соответствующим максимальным усилием другой лопасти, т.е. отсутствуют «мертвые точки», в которых не создается направленного вращения вала кривошипно-шатунного механизма.

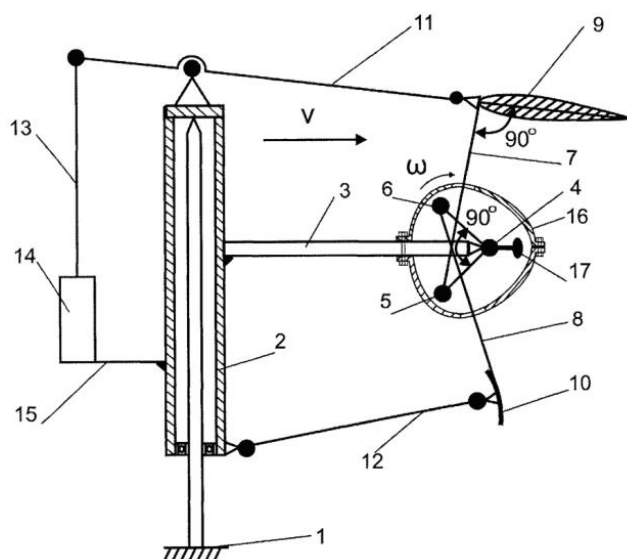


Рис. 3. Ветродвигатель волнового типа (ВВД-3):

- 1 – основание; 2 – рама; 3 – силовой брус; 4 – кривошипный вал; 5,6 – колена вала; 7,8 – шатуны; 9 – верхнее крыло; 10 – нижнее крыло; 11 – коромысло; 12 – горизонтальная тяга; 13 – вертикальная тяга; 14 – линейный генератор; 15 – площадка; 16 – аэродинамический кожух; 17 – баланси́р

Рассмотренные ВВД обладают свойством самозапуска.

Основные элементы волновых ветродвигателей совершают возвратно-поступательные (колебательные) движения. Это делает возможным их непосредственное использование в таких системах в качестве преобразующих устройств: линейных генераторов, поршневых насосов, компрессоров различного назначения, без промежуточных передаточных механизмов.

Ветродвигатели волнового типа начинают работать при весьма низких скоростях ветра, крупногабаритная модель запускалась при скорости воздушного потока менее 2 м/с. Это особенно актуально для континентальных областей России, большинство из которых относится ко 2-й и 3-й ветровым зонам, где среднегодовая скорость ветра составляет не более $3,5 \div 6$ м/с.

Преобразователи механической энергии в ВВД могут располагаться у основания установки, что технологически очень удобно.

В силу конструктивной особенности отсутствует шум в области низких и сверхнизких частот, создающего серьезную экологическую нагрузку на окружающую среду.

Статья подготовлена при поддержке РФФИ и Администрации Волгоградской области, проект № 19-48-340004.

Список литературы:

1. Стребков Д.С. Возобновляемая энергетика в третьем тысячелетии // Энергетическая политика, 2001, №2, с.23 – 27.
2. Безруких П.П. Использование энергии ветра. Техника, экономика, экология. - М.: Колос. - 196с.
3. Strebkov D.S., Koshkin N.L. On development of Photovoltaic Power Engineering in Russia Thermal Engineering, 1996, vol. 43, # 5, p. 381-384.
4. Sh. Rehman, Md. Mahbub Alam, Luai M. Alhems, M. Mujahid Rafiqu D, Horizontal Axis Wind Turbine Blade Design. - Methodologies for Efficiency Enhancement—A Review // J. Energies, 2018. Vol,11, P. 506.
5. Авт. свид. на изобр. № 1240949. - Ветродвигатель. - / С.Д. Стрекалов. - Зарегистрировано 30.06.86.-Опубликовано бюл. изобр. №24.
6. Патент РФ на изобретение №2293212. Устройство для преобразования возобновляемой энергии. -/С.Д. Стрекалов, Г.М. Мишарев, Л.П. Стрекалова, А.Н. Тарасов. - Заявл. №2005124839 от 04.08.2005, опубл.10.02.2007.
7. P.R. Andronov, M.Z. Dosaev, G.Ya. Dynnikova, Yu.D. Seliutsky, S.D Strekalov. Mathematical Models of the Wave Type Wind Turbine // International Summer School «Computer technologies of engineering mechanical problems». Institute of Mechanics of the Lomonosov MSU (Russia). Ching-Yun University (Taiwan). September, 2007. Pp.99-106.
8. Андронов П.Р., Досаев М.З., Дынникова Г.Я., Селюцкий Ю.Д., Стрекалов С.Д. Моделирование ветродвигателя волнового типа. Проблемы машиностроения и надежности машин. Ин-т машиноведения им. Благонравова А.А. РАН. 2008.
9. С.Д. Стрекалов, П.Р. Андронов, М.З. Досаев, Ю.Д. Селюцкий. О КПД волновых ветроэнергетических устройств. Научная конференция “Ломоносовские чтения”, секция механики. Тезисы докладов. Издательство Московского университета. Москва. 2008. С. 155-156.
10. Патент РФ на изобретение №2447320. Устройство для преобразования возобновляемой энергии. - / П.Р. Андронов, С.В. Гувернюк, М.З. Досаев М.З, Г.Я. Дынникова, М.М. Симоненко, С.Д. Стрекалов, Е.С. Стрекалова, Приоритет № 2010107256 от 27.02.2010.

COMPARATIVE ANALYSIS OF WAVE CONVERTERS OF WAVE TYPE

S.D. Strekalov¹, L.P. Strekalova², V.V. Kurbatov²

*¹Volgograd State Technical University, Volgograd, 400005, Russia
e-mail: strekalov_sergey@mail.ru*

*²Volgograd State Agricultural University, Volgograd, 400008, Russia
e-mail: strekalovalpy@mail.ru*

Abstract

The article analyzes existing wind energy converters, provides brief design differences, the principle of operation. The necessity of finding a more efficient conversion of the energy of the wind flow, blending in with the natural landscape, is noted. A variant of wave-type wind converters with certain structural and energy advantages is proposed, their comparative analysis is given, the principle of interaction of the wind-receiving surface with the air flow

УДК 620.97

ЭНЕРГИЯ ШАХТНОЙ ВОДЫ КАК ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ РУДНИКОВ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

К.И. Струков^{1,2}; Е.А. Князькин³; И.С. Туркин⁴

¹АО «Южуралзолото Группа Компаний», Россия

²Обособленное подразделение лаборатории ЭКОН ИПКОН РАН в г. Пласт, Россия

³Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова
Российской академии наук, Москва, Россия

⁴ООО «УралЭнергоРесурс», Магнитогорск, Россия

Введение. Повышение энергоэффективности – одно из приоритетных направлений развития энергетики для снижения производственных затрат и, следовательно, извлечения дополнительной прибыли. Энергоэффективность горных предприятий достигается не только за счет снижения электропотребления, например, внедрением современного технологического оборудования, принятием организационных и управленческих решений, но также поиском и внедрением в рудничную электросеть дополнительных, нетрадиционных источников энергии [1-3].

Существующие системы водоотлива в условиях открытых и подземных выработок и принципы их формирования определили возможность использования энергии свободных гидротоков для генерации электрической энергии [4-6].

Разработка и натурные испытания гидроустановки. Анализ водоотливной системы шахты «Центральная» АО «Южуралзолото Группа Компаний» подтвердил наличие таких ресурсов для производства электрической энергии.

На основе разработанных технологических решений и экспериментально проверенных конструкторских наработок сотрудниками ИПКОН РАН в условиях Шахты «Центральная» АО «ЮГК» с участием ее специалистов и рабочих проведены испытания гидротурбинной установки малой мощности (рис.1).



Рис. 1. Внешний вид испытуемой установки: *а* – смонтированная на трубопровод скважины гидротурбина, *б* – нагрузочно-измерительный стенд

Испытуемая гидротурбинная установка представляет собой устройство, состоящее из рабочего колеса и тихоходного самовозбуждающегося генератора переменного напряжения, установленных соосно, а также из несущего силового корпуса (рис.1, а). Технические характеристики электрогенератора приведены в табл.1.

Нагрузочно-измерительной составляющей электрической схемы в ходе проведения испытания являлся экспериментальный стенд, состоящий из трех трансформаторов напряжения, установленных пофазно и соединенных в звезду (Y). В качестве нагрузки использовались лампы накаливания номинальной мощностью 40Вт (12шт.), соединенные последовательно с применением в цепи измерительных приборов (амперметров) и параллельно с вольтметрами (мультиметрами) (рис.1 б).

Таблица 1

Электротехнические характеристики рудничного генератора

№ п/п	Характеристика	Значение
1	Номинальная мощность, Вт	1000
2	Напряжение, В	48
3	Номинальная скорость (об / мин)	380
4	Пусковой момент (Н / м)	1.5
5	Магниты тип	NdFeB, N35SH
6	Число пар полюсов	4
7	Вес (кг)	18
8	Общая длина, мм	315
9	Диаметр, мм	180
10	Диаметр вала, мм	30
11	Рабочая температура	-40 +60 °С

Результаты натуральных испытаний. В ходе натуральных испытаний в условиях подземного рудника установлено, что электрогенератор, который в лабораторных условиях показывал хорошие показатели [7], был раскручен лишь на треть от своих номинальных оборотов на холостом ходу и при увеличении электрической нагрузки наблюдалось падение угловой скорости рабочего вала. Это связано с тем, что функционирующая водоотливная система рудника, спроектирована без учета соответствующих требований, не может быть использована для воспроизводства электроэнергии.

Также в соответствии с результатами эксперимента и расчетов было принято решение о целесообразности использования в данных условиях гидротурбины Банки. У гидротурбин данного типа в условиях подземного рудника существует два преимущества:

- данная гидротурбина работает на более низком напоре жидкости;
- существует потенциал развития водоотливной системы в сторону увеличения расхода гидросмеси.

На данный момент 3D модель гидротурбины Банки уже спроектирована (рис.2) и на очереди печать созданной конструкции на 3D принтере для последующих лабораторных испытаний.

Оценка реальных показателей использования гидротурбины данного типа будет произведен на последующих этапах исследований.

Оценка потенциала технологии воспроизводства электроэнергии в связи с перспективами развития горных работ шахты «Центральная». По результатам эксперимента и с учетом гидрогеологических условий Кочкарского месторождения, дан прогноз генерируемой мощности на валу рабочего колеса гидротурбины в системе водоотлива с разностью высотных отметок (высотой става) до 100м (рис. 3).

Анализ номограммы (рис 3) свидетельствует, что максимальный энергетический потенциал рудника с существующей системой водоотлива расценивается как 25 – 30 кВт*ч. Это определяется расположением и широкой сетью распределения переточных скважин по шахтному полю, их удаленностью по горизонту от водосборника,

отсутствием первоначальных задач при проектировании создания энергоэффективных систем для рекуперации энергии на основе свободного падения жидкости. Таким образом, полученные результаты исследований могут быть использованы в проекте реконструкции шахты с созданием системы водоотлива, способной рекуперировать свободную энергию гидросмесей.

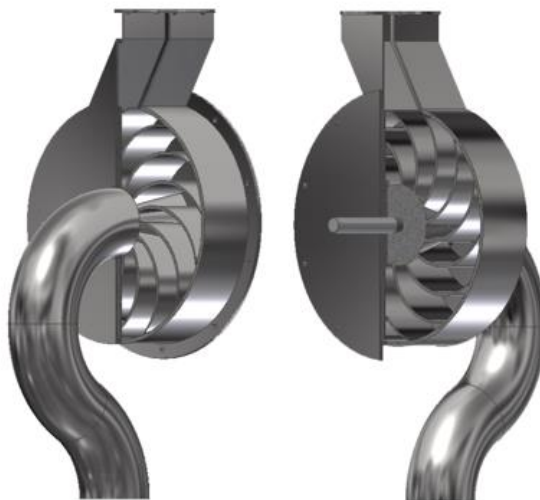


Рис. 2. 3D модель конструкции новой гидротурбины

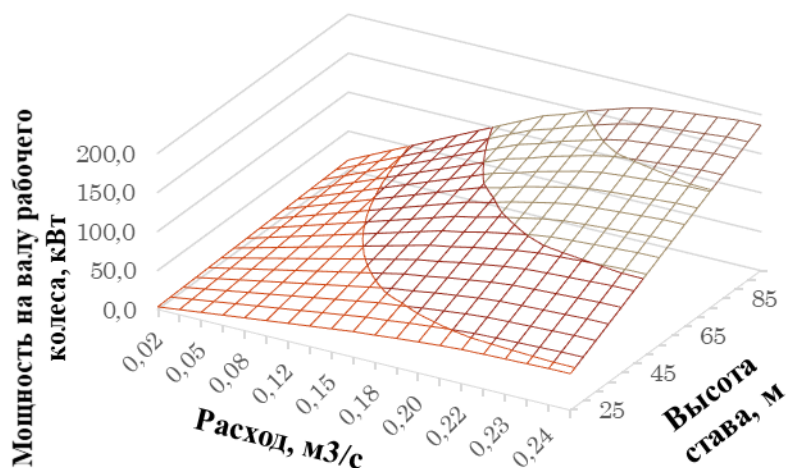


Рис. 3. Прогнозируемая мощность на валу гидротурбины в зависимости от высоты става и расхода гидросмеси

Заключение. Гидропотоки перепускных скважин водоотливной системы шахты «Центральная» на сегодняшний день не обладают той энергией, которую возможно использовать в качестве дополнительного источника питания для электроснабжения рудника. Это связано с тем, что функционирующая водоотливная система, спроектирована без учета соответствующих требований, не может быть использована для воспроизводства электроэнергии. Но наличие значительного перепада высот, объемного расхода и напора шахтной воды говорит о большой потенциальной энергии гидропотоков. Правильным и единственным, на наш взгляд, верным решением для генерации электрической энергии от потоков гидросмесей является проектирование системы шахтного водоотлива с учетом перспективного развития малой гидроэнергетики в подземных выработках.

Исследования выполняются в рамках темы ИПКОН Ран 0138-2014-0001.

Список литературы:

1. Рыльникова М.В., Струков К.И., Туркин И.С. Исследование энергии потоков гидросмесей для электроснабжения рудника при экологически сбалансирован-

- ном освоении недр // В сборнике: Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность - 2018 сборник статей по материалам международной научно-практической конференции. под ред. Л. И. Лукиной, Н. А. Бежина, Н. В. Ляминой. Севастополь, 2018 С. 1023-1027.
2. Каплунов Д.Р., Рыльникова М.В. Расширение классификации георесурсов // Условия устойчивого функционирования минерально-сырьевого комплекса России. Выпуск 4. Отдельные статьи ГИАБ. – 2015 № 12. С. 3-17.
 3. Рыльникова М. В., Струков К.И., Олизаренко В.В., Туркин И.С. Перспективы применения и оценка параметров энергоэффективных геотехнологий при комплексном освоении месторождений // Горный журнал, 2017, № 11, С. 71-76.
 4. Рыльникова М.В., Галченко Ю.П. Возобновляемые источники энергии при освоении земных недр – М.: ИПКОН РАН, 2015. – 122 с.
 5. Каплунов Д. Р., Рыльникова М. В. Возобновляемые источники энергии как георесурс в системе техногенного преобразования недр // Горный журнал, 2015. – №9. – с. 44-49.
 6. Radchenko D., Bondarenko A. Mining engineering system as an energy asset in industry 4.0 // E3S Web of Conferences 58,01009
 7. Рыльникова М.В., Струков К.И., Туркин И.С. Опытно-промышленная апробация инновационной технологии преобразования энергии шахтных потоков гидросмесей в электрическую // Материалы международной научно-практической конференции «Современные технологи в горном деле и при первичной переработке минерального сырья, 2018, С. 14-20.

MINING WATER ENERGY IS AN ADDITIONAL SOURCE OF ELECTRICITY FOR UNDERGROUND MINING OF GOLD DEPOSITS*

K.I. Strukov^{1,2}; E.A. Knyazkin³; I.S. Turkin⁴

¹*GSC «UGC», Russia*

²*Separate division of the Laboratory EcoMine ICEMR RAS in Plast, Russia*

³*ICEMR RAS, Moscow, Russia*

⁴*LLC «UralEnergoResurs», Magnitogorsk, Russia*

Abstract

Improving energy efficiency is one of the priorities for the development of energy to reduce production costs and extract additional profits. Energy efficiency of mining enterprises is achieved not only by reducing electricity consumption, for example, by introducing modern technological equipment, by adopting organizational and management decisions, but also by searching for and introducing additional non-traditional energy sources into the mine electric grid.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАСЧЕТА ОСНОВНЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО ЭЛЕКТРООПТИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ЧИСЛЕННОСТИ И ВИДА НАСЕКОМЫХ-ВРЕДИТЕЛЕЙ

Д.О. Суринский, И.В. Савчук

ФГБОУ ВО Государственный аграрный университет Северного Зауралья,
г. Тюмень, 625000, Россия, e-mail: surd1985@mail.ru

Защита урожая от сельскохозяйственных вредителей и болезней является наиболее острой задачей. Наше сельское хозяйство ежегодно теряет от вредителей, болезней и сорняков до 40% урожая.

В системе защиты растений от вредителей различают четыре основных метода: агротехнический, механический, биологический и химический.

В последнее время достаточно успешно развивается электрофизический метод, который включает в себя использование ультразвука и световых ловушек.

Анализ научно-технической литературы показывает, что наиболее эффективным и перспективным является электрофизический метод на основе использования источников света с длиной волны в диапазоне 350 – 370 нм.

Целью работы является повышение эффективности методов борьбы с насекомыми за счет использования энергосберегающего электрооптического преобразователя (ЭСЭП) для мониторинга численности и вида насекомых - вредителей.

К основным геометрическим параметрам светоловушки мы относим параметры, которые влияют на технологический эффект улавливания насекомых [1,2,3,4]. Под технологическим эффектом мы понимаем эффективное улавливание всей гаммы насекомых находящихся в зоне действия ЭСЭП. Расчет геометрических параметров рассмотрим на примере однощелевой светоловушки общий вид показан на рис. 1.

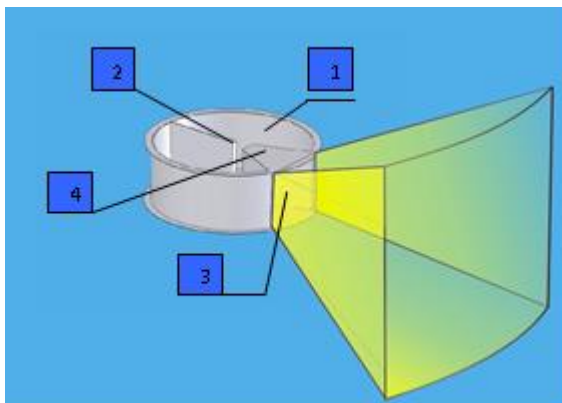


Рис. 1. Общий вид светового пучка, испускаемого однощелевой световой ловушкой: 1 – корпус светоловушки; 3 – световой пучек; 2 – источник света (светодиод); 4 – улавливающее жерло

Световой пучек, испускаемый однощелевой светоловушкой в пространстве, его эффективная зона воздействия (пространственная зона, в которой насекомые привлекаются аттрактантом) зависит от ряда геометрических параметров [5,6]. Для определения этих параметров и их взаимосвязь рассмотрим однощелевую светоловушку более подробно. На рисунке 2 показаны проекции светоловушки (вид сверху и сбоку).

Анализ конструкции однощелевой светоловушки показал, что к основным ее геометрическим параметрам относятся высота светоловушки d_1 , радиус светоловушки r , угол α между вертикальными стенками улавливающего жерла

светоловушки. Выясним, от чего зависит видимость светодиодов в горизонтальной и вертикальной плоскостях, а, следовательно, объем эффективной зоны улавливания насекомых.

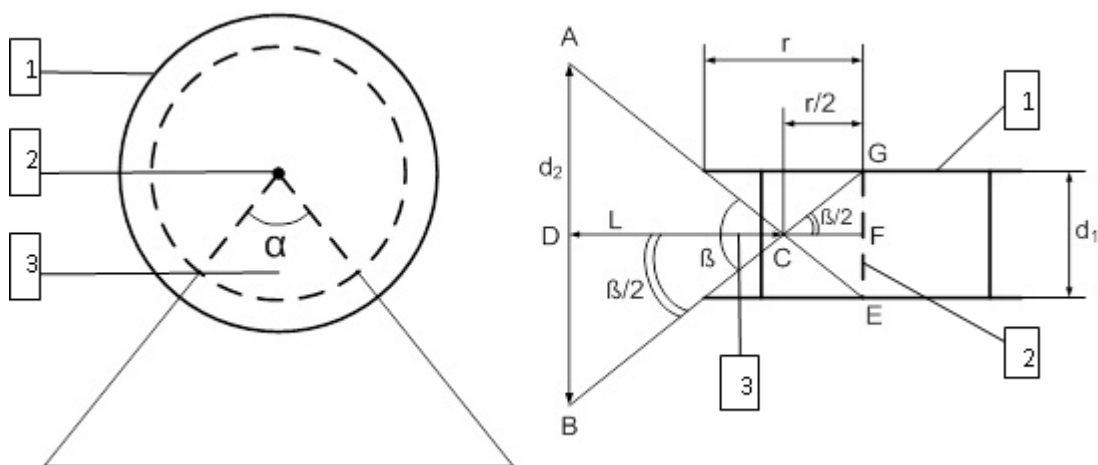


Рис. 2. Вид сверху и вид сбоку светоловушки с обозначением геометрических параметров: 1 – корпус светоловушки; 2 – источник света (светодиод); 3 – улавливающее жерло

Видимость светодиодов ловушки в горизонтальной плоскости будет определяться углом α между вертикальными стенками улавливающего жерла светоловушек, который задается напрямую при конструировании светоловушек и не зависит от других геометрических параметров, таких как радиус, высота ловушки, расстояние до нее. Видимость светодиодов в вертикальной плоскости d_2 определяется углом β . Чтобы определить от каких геометрических параметров зависит d_2 , проведем ряд преобразований.

Выясним от чего зависит граница светового пучка.

Рассмотрим $\triangle BCD$ из которого определим зависимость d_2 от угла β и длины светового пучка L . Данная взаимосвязь будет иметь следующий вид:

$$\operatorname{tg} \frac{\beta}{2} = \frac{d_2/2}{L} = \frac{d_2}{2 \cdot L} \quad (1)$$

Рассмотрим $\triangle CFG$ из которого определим зависимость d_2 от угла β и радиуса светоловушки r . Данная взаимосвязь будет иметь следующий вид:

$$\operatorname{tg} \frac{\beta}{2} = \frac{d_1/2}{r/2} = \frac{d_1}{r} \quad (2)$$

Приравняв правые части уравнений (1) и (2), получим:

$$\frac{d_2}{2 \cdot L} = \frac{d_1}{r} \quad (3)$$

Выразим из (3) d_2 :

$$d_2 = 2 \frac{L \cdot d_1}{r} \quad (4)$$

Таким образом видимость светового потока светодиодов в вертикальной плоскости d_2 имеет прямо пропорциональную зависимость от расстояния от светоловушки до рассматриваемой плоскости L , высоты светоловушки d_1 и обратно пропорциональную зависимость от радиуса самой светоловушки r . Для дальнейшего рассмотрения примем во внимание только геометрические параметры светоловушки – d_1 и r .

Наибольшего охвата по вертикали можно добиться, либо увеличивая d_1 , либо уменьшая r . Существенно уменьшать радиус не имеет смысла, т. к. должен быть буферный объем внутри светоловушки для нахождения пойманных насекомых.

Увеличение вертикального охвата можно добиться увеличением высоты одной светоловушки, либо расположением нескольких светоловушек одна над другой на одной оси. Последний вариант представляется более выгодным, т.к. расположенные на одной оси друг над другом однощелевые светоловушки можно повернуть на разные углы относительно оси, обеспечив также бóльшую по сравнению с одной светоловушкой зону горизонтального охвата.

Охват зоны 360° в горизонтальной плоскости вокруг светоловушек можно получить при конструкции из трех однощелевых светоловушек, расположенных на одной оси друг над другом и при угле α для каждой светоловушки равным 120° .

Методика расчета объема пространства распространения светового потока. Рассмотрим объем пространства распространения светового потока (см. рисунок 3). На рисунке также присутствуют дополнительные построения, необходимые для определения геометрических параметров светового пучка светоловушки и нахождения объема пространства распространения светового потока.

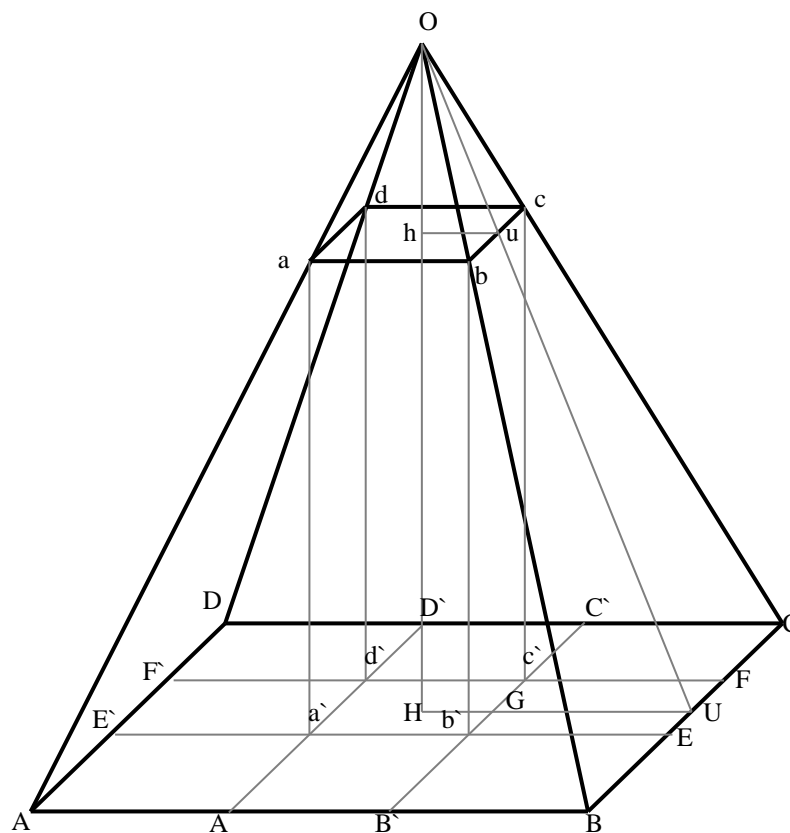


Рис. 3. Объем пространства распространения светового потока

Пояснения:

Линия с серединой в т. О – линия расположения светодиодов в светоловушке;

Плоскость $abcd$ – поверхность жерла на «входе» светоловушки;

Плоскость $ABCD$ – поверхность на некотором рассматриваемом расстоянии от светоловушки, где наблюдается видимость светового потока светодиодов, ограниченного плоскостью $abcd$.

Объем пространства распространения светового потока V (объем, ограниченный точками фигуры $abcdABCD$), охватываемый одной однощелевой светоловушкой складывается из объемов нескольких геометрических фигур – параллелепипед $abcd a'b'd'c'$, четырех треугольных призм: $aba'b'B'A'$, $bc b'c'FE$, $cdc'd'D'C'$ и $adA'D'F'E'$; а так же четырех пирамид: $AA'a'E'a$, $b'B'BEb$, $c'FCC'c$ и $d'D'DF'd$. Обозначим объем параллелепипеда $abcd a'b'd'c'$ равным V_1 . Так как пирамида пра-

вильная, она обладает симметричностью составляющих элементов. Объемы призм $aba'b'V'A'$ и $cdc'd'D'C'$ равны между собой, обозначим их V_2 . Объемы призм $bc'b'c'FE$ и $adA'D'F'E'$ так же равны между собой, обозначим их V_3 . Объемы пирамид $AA'a'E'a$, $b'V'VEb$, $c'FCC'c$ и $d'D'DF'd$ тоже равны, обозначим их V_4 .

Таким образом, объем пространства распространения светового потока будет равен:

$$V = (4/3) \cdot L \cdot \text{tg}(\alpha/2) \cdot \text{tg}(\beta/2) \cdot (3 \cdot z^2 + 6 \cdot z \cdot L + L^2) \quad (5)$$

Таким образом, функция объема зависит от четырех величин $V=f(z,L,\alpha,\beta)$

Определим, как влияют геометрические параметры светоловушки на величину зоны видимости светодиодов светоловушки. Зона видимости светодиодов в горизонтальной плоскости – длина отрезка AB , в вертикальной плоскости – длина отрезка AD (см рисунки 3).

$$AB = 2 \cdot GU + ab = 2 \cdot \frac{x \cdot (2 \cdot L + z)}{4 \cdot z} + \frac{x}{4}$$

Упростим в Mathcad:

$$2 \cdot \frac{x \cdot (2 \cdot L + z)}{4 \cdot z} + \frac{x}{4} \text{ simplify } \rightarrow \frac{x \cdot (L + z)}{z}$$

$$AB = \frac{x \cdot (L + z)}{z}$$

$$AD = \frac{y \cdot (2 \cdot L + z)}{z} \quad (6)$$

Анализ выражения (6) показывает, что при больших значениях y абсолютные значения AD выше.

Из вышесказанного можно сделать вывод, что предпочтительней большие значения высоты жерла светоловушки y , так как не смотря на характер и скорость изменения функции $AD = f(z)$, абсолютные значения величины зоны видимости светодиодов в вертикальной плоскости AD , выше при большей высоте жерла светоловушки y .

Наибольшего охвата по вертикали можно добиться, либо увеличивая y , либо уменьшая z . Сильно уменьшать расстояние от светодиодов до кромки светоловушки z не имеет смысла, т. к. аттрактант должен находиться внутри ловушки, а не около ее внешней границы, чтобы выполнять свою функцию привлечения насекомых в буферный объем светоловушки. Увеличение вертикального охвата можно добиться увеличением высоты жерла y одной светоловушки, либо расположением нескольких светоловушек одна над другой на одной оси. Последний вариант представляется более выгодным, т.к. расположенные на одной оси друг над другом однощелевые светоловушки можно повернуть на разные углы относительно оси, обеспечив также большую по сравнению с одной светоловушкой зону горизонтального охвата.

Наибольшего охвата по горизонтали можно добиться, либо увеличивая x , либо уменьшая z . Ширина жерла светоловушки x напрямую зависит от угла α между вертикальными стенками улавливающего жерла светоловушки.

Данная конструкция обеспечит как наибольший объем действия световых ловушек, так и более эффективное улавливание насекомых для проведения мониторинга численности насекомых–вредителей.

Основные результаты и выводы:

1. Получены аналитические выражения взаимосвязи основных конструктивных параметров однощелевой светоловушки.
2. Получена методика расчета объема пространства распространения светового потока.
3. Охват зоны 360° в горизонтальной плоскости вокруг светоловушек можно добиться при конструкции из трех однощелевых светоловушек, расположенных на одной оси друг над другом и при угле α для каждой светоловушки равным 120° .

Список литературы:

1. Газалов В.С. Анализ существующих методов борьбы с насекомыми-вредителями и электрооптических установок / В.С. Газалов, А.П. Жогалев; Азово-Черномор. гос. агроинж. акад. – зерноград, 1998. – 6-8с.
2. Газалов В.С. Установки электрофизической защиты садов от насекомых вредителей / В.С. Газалов // Рациональная электрификация сельского хозяйства, М., 1984. - 33-43с.
3. Викторов Г.А. Принципы интегрированной борьбы с вредителями сельскохозяйственных культур / Г.А. Викторов // Советско-Американская конференция по интегрированной борьбе с вредителями с.-х. культур. 11-14 сентября. – Киев. – 1973. -32с.
4. Беленов В.Н. Электрооптический преобразователь защиты садовых растений / В.Н. Беленов, В.С. Газалов // Физико-технические проблемы создания новых технологий в агропромышленном комплексе: 2-я Российская науч. –практ. конф. – Ставрополь, 2003. - 56с.
5. Патент на полезную модель № 85799/ Возмилов А.Г., Суринский Д.О. и др.
6. Патент на полезную модель № 97245/ Возмилов А.Г., Суринский Д.О. и др.

THEORETICAL ASPECTS OF THE CALCULATION OF THE MAIN DESIGN PARAMETERS OF AN ENERGY-SAVING ELECTRO-OPTICAL CONVERTER FOR MONITORING THE NUMBER AND TYPE OF INSECT PESTS

D.O. Surinsky, I.V. Savchuk

State Agrarian University of Northern Zauralye, Department of Energy Supply of Agriculture, Tyumen, 625000, Russia, e-mail: surd1985@mail.ru

Abstract

Based on the considered problem of yield loss and reduction of product quality from pests and diseases. Existing methods of pest and disease control were analyzed. The advantages of using the electrophysical method for monitoring the number and type of insect pests are highlighted.

There are known light trap designs - three-confused, three-gap and single-gap (patent No. 85799, No. 97245) for monitoring the number and type of insects. The single-slot light-trap was the most effective at work. In this paper, we consider the question of the method for calculating the main structural and technological parameters of an energy-saving electro-optical converter based on a single-slot light-trap.

РЕМЕДИАЦИЯ АНТРОПОГЕННО НАРУШЕННЫХ И ЗАСУШЛИВЫХ ТЕРРИТОРИЙ

А.Н. Сутурин

Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, 664033, Россия, e-mail: san@lin.irk.ru

Восстановление антропогенно нарушенных земель и борьба с опустыниванием территорий – глобальная проблема современности. Для ремедиации полигонов промотходов и промплощадок важное значение имеет создание почво-грунта, обеспечивающего биологическую стадию рекультивации. Остановить опустынивание земель можно за счёт современных систем водоподготовки и водной мелиорации. Ведущее значение имеет применение высокотехнологичных сельхозпроизводств, основанных на гидропонике.

На примере объектов в г. Байкальске, Селенгинске и о. Бахрейн предлагаются решения проблем развития сельхозпроизводства Крыма в условиях дефицита воды.

Разработка технологии ремедиации опустыненных территорий началась с проекта развития королевства Бахрейн. Подавляющую часть территории Бахрейна занимает каменистая и песчаная пустыня. Прибрежные районы на юге и юго-западе заняты обширными солончаками. В древние времена на территории Бахрейна благоухали «Сады Эдема».

Остановить опустынивание земель можно:

1. За счёт современных систем водной мелиорации;
2. Созданием высокотехнологичного сельскохозяйственного производства;
3. Технологией биологической рекультивации почв с последующим развитием древеснокустарниковых насаждений.

Предлагаемые технические решения для восстановления засушливых приморских территорий: Крым, Бахрейн, Сирия, объединённые арабские Эмираты, Иран, Саудовская Аравия:

- разработка технологий опреснения морских вод и добыча подземных вод;
- комплекс мелиоративных систем с замкнутым водооборотом через систему искусственных водоемов;
- разработка технологий микрклонального размножения аборигенных пород деревьев и кустарников;
- создание гидропонных установок для получения кондиционного посевного материала;
- создание автономной энергетической системы, состоящей из газогенераторов, солнечных батарей, ветровых двигателей, тепловых насосов и литий-бромистых холодильных установок;
- разведение в искусственных водоемах осетров для получения черной икры и мясо рыбы;
- строительство гидропонного комплекса для производства овощей, ягод, земляники, соевых и других культур. На рис.1.

Овощные фабрики на гидропонике являются последними достижениями в механизации защищенного грунта и переводят процесс производства овощей на качественно новый уровень. На них компьютер управляет всем производственным процессом, включая регулирование микроклимата, уровня концентрации питательного раствора, интенсивность и продолжительность освещения и т.д. Овощная продукция, выращенная на таких фабриках отличается высоким качеством, пониженным содержанием нитратов.

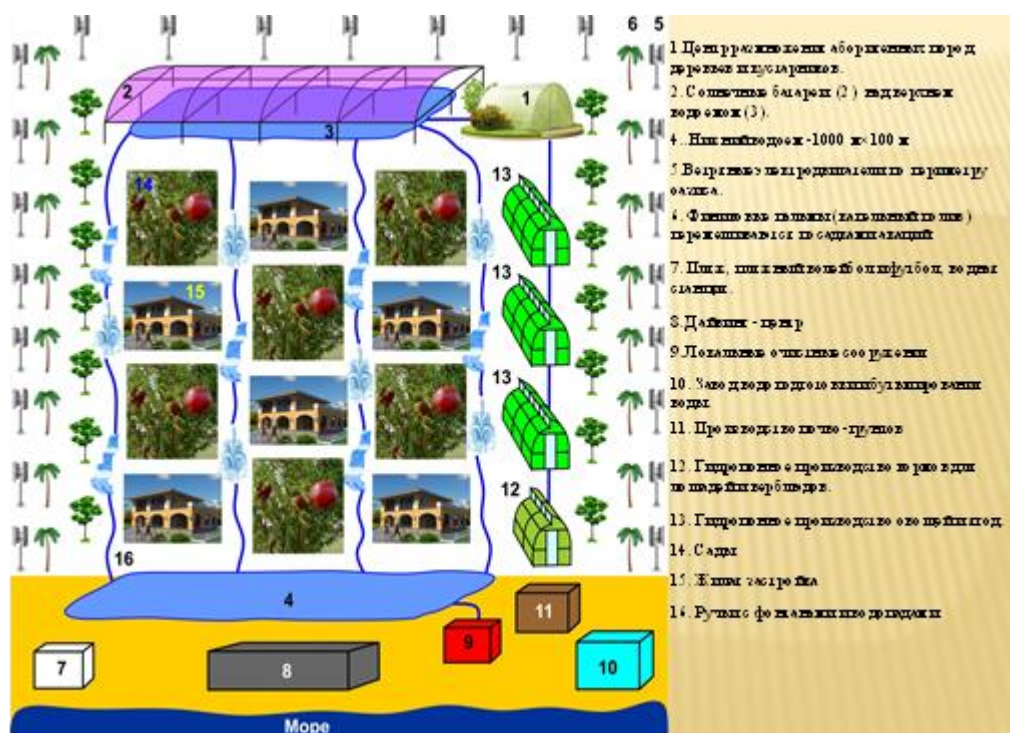


Рис. 1. Схема создания оазиса на о. Бахрейн.

Для развития работ по размножению растений предлагается возведение легко-сборного модульного лабораторного комплекса, включающего стерильные боксы для клонирования растений, ростовые камеры для выращивания «пробирочных растений», гидропонные установки для доведения пробирочных растений до посевных кондиций. На рис. 2.



Рис. 2. Гидропонные установки

Аналогичные технологии можно применять и для засушливых районов полуострова Крым. Здесь выявляются две проблемы: источники воды для водной мелиорации и производство почво-грунтов.

Большой объем недоочищенных бытовых и ливневых стоков, попадая в прибрежную акваторию ухудшает санитарно-гигиенические характеристики морской

воды. Вместе с тем эти сточные воды после специальной обработки могут служить для целей гидропоники, капельного полива деревьев и кустарников. Модернизированные очистные сооружения становятся производителями эффективных почвогрунтов и источником дезодорированных вод для мелиорации, освобожденных от патогенной микрофлоры и обогащенных почвенными и микоризными микробиологическими сообществами. Органическая часть почвогрунтов восполняется переработанными ветками, отходами деревообработки и другими органическими отходами. Гидропоника в условиях Крыма – лучшее направления развития производства томатов, огурцов и других овощей. Микрклональное размножение виноградной лозы, персиковых деревьев, гранатов и других фруктовых садов позволит произвести ускоренную селекцию лучших сортов.

Второй источник воды – перехват в прибрежной акватории зон субаквальной разгрузки стоков пресных вод. Эти слабоминерализованные воды также могут быть использованы для сельскохозяйственных целей.

Третий способ – это использование для мелиорации и гидропоники морской воды. В этом случае из морской воды удаляется натрий и частично хлориды, как основные агенты засоления. Все остальные компоненты морской воды: К, S, Са, Mg и др. являются необходимыми ингредиентами для роста растений. Каменным субстратом для гидропоники могут служить фосфорсодержащие осадочные и изверженные породы.

Большой опыт ремедиации техногенно нарушенных земель имеется в Восточной Сибири. Основные площади деградированных территорий расположены на месте целлюлозно-бумажных комбинатов, золоотстойников ТЭЦ, горнодобывающих предприятий. Для каждого объекта разрабатывается схема создания комплементарных природоподобных почвогрунтов с использованием специфических микробиологических сообществ. Наилучшим способом ремедиации территорий полигонов промотходов является создание на рекультивированных участках лесопитомников и предприятий по производству овощей на гидропонике.

Все предлагаемые направления ремедиации территорий – современный индустриальный подход к проблемам, требующий привлечения современных технологий и их комплексирования.

REMEDICATION OF ANTHROPOGENICALLY DISTURBED AND DRY TERRITORIES

A.N. Sutorin¹

¹*Limnological Institute, Siberian branch, Russian Academy of Sciences,
Irkutsk 664033, Russia, e-mail: san@lin.irk.ru*

Abstract

Reconstitution of anthropogenically disturbed lands and struggle with desertification of the territories is a global actual problem. In order to remediate the industrial wastes grounds and industrial sites it is very important to create a soil providing the re-cultivation biological stage. It is possible to stop the lands desertification using modern systems of water treatment and aquatic melioration. The most important is to use high-tech agricultural production based on hydroponics. Solutions of problems in agriculture development in Crimea under the conditions of water deficiency are proposed using the examples of sites in Baikalsk and Selenginsk towns and Bahrain Island.

УДК 574.589

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ДОЛГОЖИВУЩИХ РАДИОНУКЛИДОВ В ПОЧВАХ СУПЕРАКВАЛЬНОГО ЭЛЕМЕНТА ЛАНДШАФТА ВОДОСБОРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ НЕКОТОРЫХ ОЗЕР ДАЛЬНОЙ ЗОНЫ ВУРСА

А.А. Сутягин; С.Г. Левина; В.В. Дерягин

*Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет,
г. Челябинск, 454074, Россия, e-mail: sandrey0507@mail.ru*

Уральский регион относится к территории, на которой формирование экологической ситуации протекает под активным влиянием техногенной сферы, в том числе, предприятий ядерно-промышленного комплекса. Сочетание повышенного естественного радиационного фона и антропогенного воздействия возникновению природно-техногенных аномалий с высокой степенью радиационной нагрузки на экосистемы. Так, на территории Челябинской, Свердловской и Тюменской областей расположен Восточно-Уральский радиоактивный след (ВУРС) площадью около 20 тыс. км², возникший в результате техногенных инцидентов на ПО «Маяк». В качестве основных дозообразующих поллютантов в экосистемах ВУРСа выступают долгоживущие радионуклиды ⁹⁰Sr и ¹³⁷Cs [1].

В настоящее время в результате процессов радиоактивного распада и миграционных процессов произошло значительное снижение начального уровня загрязнения экосистем, и встает вопрос о возможности возвращении в хозяйственный оборот территорий, подвергшихся радиационному загрязнению. Внимание также уделяется районам, расположенным в дальней зоне ВУРСа, где хозяйственная деятельность не прекращалась, но необходимо проведение мониторинговых исследований для обеспечения эффективной защиты населения от отдаленного радиационного воздействия.

На территории ВУРСа расположено большое количество озер, в различной степени подвергшихся радиационному воздействию, и с различной интенсивностью используемых на настоящий момент человеком. Большинство водоемов дальней зоны продолжают активно использоваться как в рекреационных целях, так и для рыболовства и рыбозаготовки. Водная масса данных озер, как правило, отвечает показателям качества, что связано с миграционными процессами, в частности, переходом поллютантов из воды в донные отложения. В то же время, отдельные компоненты озерной экосистемы, в частности, донные отложения и почвы водосборных территорий, выступают в качестве депо долгоживущих радионуклидов и источников вторичного загрязнения водной среды в отдаленный поставарийный период. В связи с этим, комплексные мониторинговые исследования состояния озерных экосистем требуют не только контроля за радиационным состоянием водной массы, но и определения современного уровня загрязнения донных отложений и почв водосборных территорий [2].

Данная работа посвящена результатам, полученным при исследовании современного уровня удельной активности долгоживущих радионуклидов ⁹⁰Sr и ¹³⁷Cs в почвах супераквального элемента ландшафта водосборных территорий озер Шаблиш, Травяное (Челябинская область, 80 км от источника эмиссии) и Тыгиш (Свердловская область (120 км от источника эмиссии), расположенных в дальней зоне ВУРСа. Все рассмотренные озера, за исключением озера Травяное, активно включены в хозяйственную деятельность: на побережьях находятся населенные пункты, ведется рыбохозяйственная деятельность.

Интерес к почвам супераквального элемента ландшафта вызван особенностями их водного режима. Близость грунтовых вод обеспечивает сочетание промывного и

выпотного режимов, создающее особые условия для миграции химических элементов. Высокая продуктивность биоценозов в этих почвах способствует накоплению органического вещества и протеканию процессов гумификации, в результате чего верхние горизонты этих почв, как правило, сильно гумифицированы, что способствует накоплению в них органического вещества. Особый водный режим делает возможным как горизонтальный, так и вертикальный перенос материальных потоков, что может способствовать выносу вещества в водную среду, в результате чего химический состав почв может выступать как фактор формирования гидрохимического режима водоемов [3].

Для выполнения радиологического анализа в осенний период были заложены почвенные разрезы на супераквальных позициях ландшафта водосборных территорий на расстоянии от 10 до 200 м от берега. При закладке разрезов выбирались участки с наименьшей степенью антропогенного воздействия. Разрезы вскрыли темно-серые лесные и черноземные почвы.

Почва отбиралась из разрезов послойно с учетом генетических горизонтов. После отбора пробы высушивались суховоздушным путем, растирались и просеивались через сита диаметром 1 мм. Определение удельной активности долгоживущих радионуклидов ^{90}Sr и ^{137}Cs проводилось с использованием бета-альфа малофонового радиометра УМФ-2000М и гамма-бета-спектрометрического комплекса «Прогресс 2000» на базе лаборатории отдела континентальной радиэкологии Института экологии растений и животных УрО РАН (г. Заречный).

Почвы супераквальных позиций водосборной территории озера Шаблиш характеризуются значениями рН от слабокислых в верхних и нижних горизонтах до щелочных в середине разреза. Наличие внутренней щелочной «прослойки» создает барьер – условия для накопления техногенных поллютантов в верхних горизонтах. Окислительно-восстановительный потенциал варьирует в интервале 300-420 мВ, что соответствует аэробным условиям, среды, в которой также происходит снижение миграционной способности поллютантов. Гумификация верхних горизонтов до 20 см составляет 4-7%, что также способствует накоплению поллютантов в поверхностных слоях почвы [4].

Почвы супераквальных позиций водосборной территории озера Травяное характеризуются щелочным характером среды по всей глубине почвенного профиля, значениями окислительно-восстановительного потенциала от 290 до 450 мВ и высокой степенью гумификации (5,5-7,5%) до глубины 40 см. Все это создает потенциальные условия для накопления долгоживущих радионуклидов в верхних почвенных горизонтах.

Почвы водосборной территории озера Тыгиш до глубины 25 см характеризуются как слабокислые с переходом ниже 30 см в слабощелочную область. Значение окислительно-восстановительного потенциала варьирует в интервале 305-410 мВ. До глубины 30 см почвы очень сильно гумифицированы (7,5-12%), что наряду с кислой средой и аэробным характером среды создает условия для миграции поллютантов и их распределения по глубине почвенного профиля.

Анализ изменения величин удельной активности ^{90}Sr для почвенного разреза, заложенного на берегу озера Шаблиш, демонстрирует относительно равномерное распределение радионуклида по глубине (рис. 1). Максимум удельной активности приходится на горизонт А0, представляющий собой почвенную подстилку, и составляет 39,3 Бк/кг. Далее по глубине значения удельной активности практически сохраняются и составляют от 30 Бк/кг на глубине до 20 см до 20 Бк/кг в нижележащих горизонтах.

Максимумом накопления ^{137}Cs характеризуется горизонт А1 под подстилкой (153 Бк/кг), при этом вся активность радионуклида распределена в слое до 20 см, то есть ограничивается щелочным барьером. При этом в верхних горизонтах удельная

активность ^{137}Cs значительно выше соответствующих значений для ^{90}Sr (среднее отношение $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ на глубине до 20 см составляет 2,6).

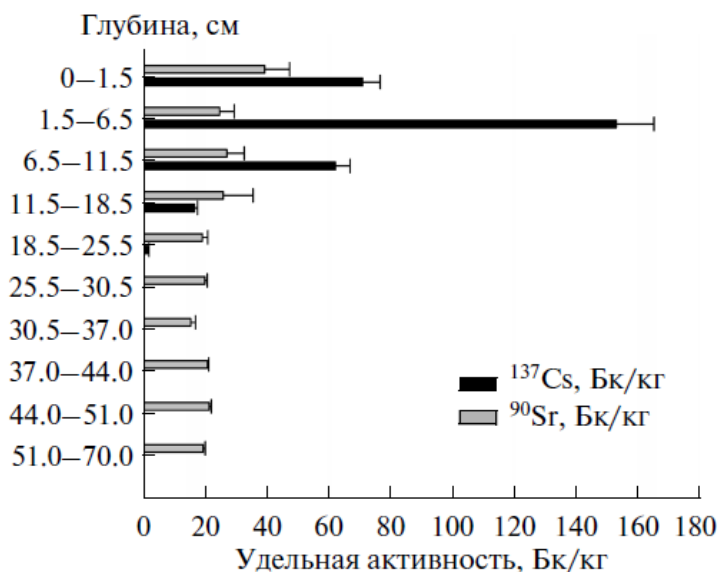


Рис. 1. Изменение удельной активности ^{90}Sr и ^{137}Cs по глубине почвенного профиля суперкавального элемента ландшафта водосборной территории озера Шаблиш

Несмотря на то, что озеро Травяное находится в непосредственной близости от озера Шаблиш, для него характерны значительные отличия накопления радионуклидов в почвах суперкавальных позиций водосбора (рис. 2).

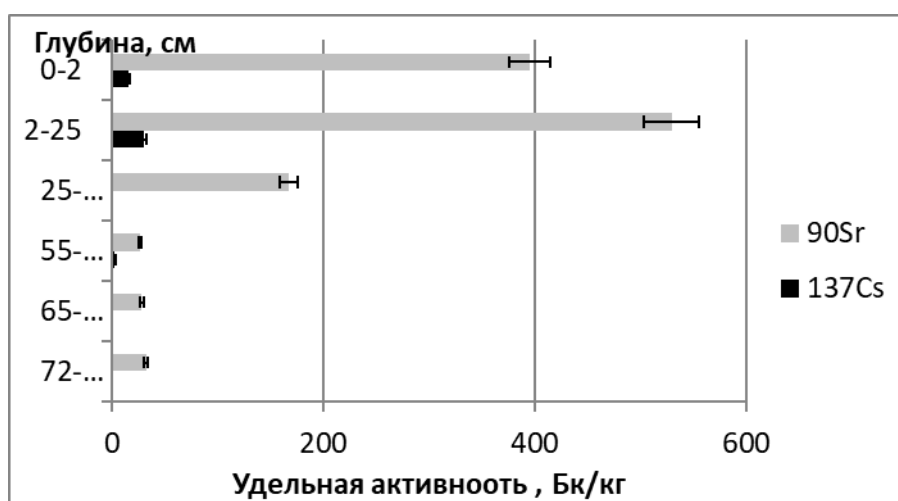


Рис. 2. Изменение удельной активности ^{90}Sr и ^{137}Cs по глубине почвенного профиля суперкавального элемента ландшафта водосборной территории озера Травяное

Аналогично предыдущему разрезу, сохраняется общая тенденция распределения удельной активности ^{90}Sr по всей глубине почвенного профиля. Максимумом накопления характеризуется горизонт А1 под подстилкой (529 Бк/кг), а на глубине до 25 см распределено до 78% удельной активности радионуклида.

Максимум накопления ^{137}Cs также характерен для подподстилочного слоя (32 Бк/кг), вся удельная активность радионуклида распределена на глубине до 25 см. В то же время, в отличие от почв водосбора озера Шаблиш, в почвенном разрезе водосбора озера Травяное наблюдается резкое преобладание удельной активности ^{90}Sr над ^{137}Cs (среднее отношение $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ на глубине до 25 см составляет 0,05).

Аналогичными характеристиками накопления радионуклидов характеризуются почвы супераквального элемента ландшафта водосборной территории озера Тыгиш (рис. 3).

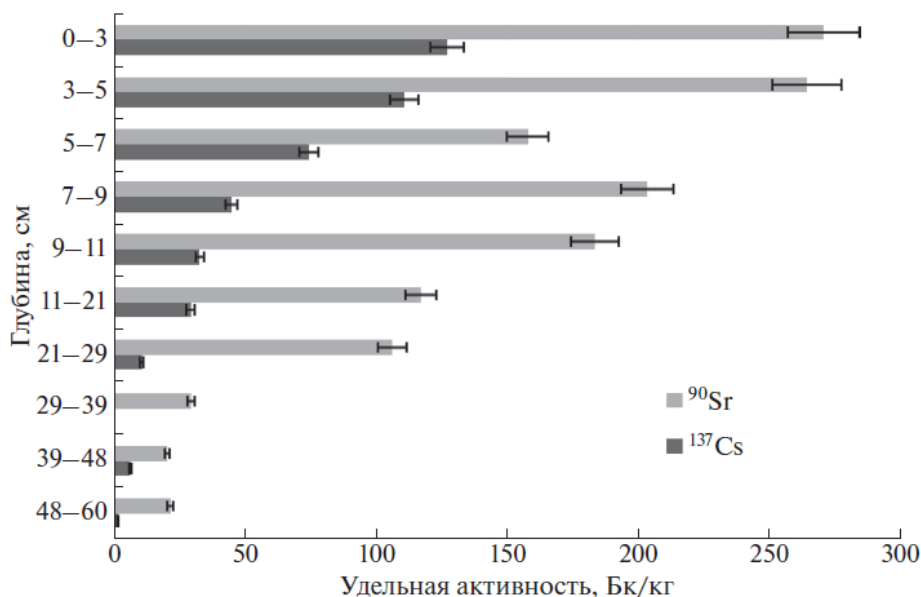


Рис. 3. Изменение удельной активности ⁹⁰Sr и ¹³⁷Cs по глубине почвенного профиля супераквального элемента ландшафта водосборной территории озера Тыгиш

По глубине почвенного профиля происходит немонотонное снижение удельной активности радионуклидов. Практически вся удельная активность ¹³⁷Cs распределена, как и в предыдущих случаях, на глубине до 20 см, а ⁹⁰Sr мигрирует на всю глубину разреза, но на глубине до 20 см распределено до 80% радионуклида. Максимум удельной активности ¹³⁷Cs составляет в почвенной подстилке 130Бк/кг, максимум удельной активности ⁹⁰Sr в этом же горизонте – 270 Бк/кг. Среднее отношение ¹³⁷Cs/⁹⁰Sr на глубине до 20 см составляет 0,35.

Таким образом, распределение и накопление поллютантов для почв супераквальных позиций озера Травяное более близки к аналогичным закономерностям для водосборной территории озера Тыгиш, чем более близко расположенного озера Шаблиш. В целом для исследованных разрезов характерны общие закономерности распределения для почв, подвергшихся импактному техногенному воздействию. Максимум накопления поллютантов приходится на верхние гумусированные горизонты, щелочной характер среды и аэробные условия снижают миграционную способность долгоживущих радионуклидов, особенно ¹³⁷Cs, вся удельная активность которого распределяется на глубине 20-25 см.

Список литературы:

1. Кравцова О.С. Радиационная обстановка на территориях Уральского федерального округа, находящихся в зоне влияния ПО «Маяк» / О.С. Кравцова // Здоровье населения и среда обитания. – 2012. – No5 (230). – с.6-11.
2. Сутягин А.А. Распределение долгоживущих радионуклидов и микроэлементов в супераквальных позициях почв водосборных территорий озер Большой и Малый Игиш и Шаблиш (средняя и дальняя зоны ВУРСА) / А.А. Сутягин, С.Г. Левина, В.В. Дерягин // Проблемы географии Урала и сопредельных территорий. Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Челябинск: Абрис. – 2010. – С. 145-152.
3. Добровольский Г. В. География почвы / Г.В. Добровольский, И.С. Урусевская. – М.: МГУ. – 2004. – 460 с.

4. Чертко Н.К. Геохимия / Н.К. Чертко. – Мн.: «ТЕТРА СИСТЕМС». – 2007. – 254 с.

**DISTRIBUTION OF LONG-LIVING RADIONUCLIDES IN THE SOILS
OF THE SURFACE ELEMENT OF THE LANDSCAPE WATER COLLECTION
OF THE TERRITORY OF SOME LAKES OF THE FAR AREA
OF THE EAST-URAL RADIATION SIDE**

A.A. Sutyagin, S.G. Levina, V.V. Deryagin

*South Ural State Humanitarian-Pedagogical University, Chelyabinsk, 454074, Russia,
e-mail: sandrey0507@mail.ru*

Abstract

The article describes the distribution of long-lived radionuclides ^{90}Sr and ^{137}Cs in the soils of the supra-aquatic landscape element of the lakes Shablisk, Travyanee and Tygish, located in the far zone of the East Ural radioactive wake. It is shown that at the present stage the maximum of the specific activity of pollutants is distributed in the upper 20 cm layer of soil with a maximum accumulation of organic matter. The distribution of pollutants for the soils of the catchment area of Lake Herbal is close to the distribution in the soils of Lake Tygish.

УДК 502.7 (075)

АНАЛИЗ РИСКА НА НАДЗЕМНОМ ГАЗОПРОВОДЕ СРЕДНЕГО ДАВЛЕНИЯ В СЕТИ ГАЗОПОТРЕБЛЕНИЯ

А.С. Тенькаева, А.В. Звягинцева, Н.В. Мозговой

Воронежский государственный технический университет,

г. Воронеж, 394053, Россия,

e-mail: atenskaeva@mail.ru, zvygincevaav@mail.ru, nv_moz@mail.ru

Проведен анализ риска вероятности возникновения аварийных ситуаций на надземном газопроводе среднего давления, применительно к конкретному объекту ООО ПК «МИВОК» г. Воронеж. Построены зоны действия поражающих факторов факельного горения на наружном надземном газопроводе среднего давления. Установлено, что наиболее вероятной аварийной ситуацией на оборудовании сети газопотребления является разрушение надземного газопровода среднего давления и возникновением факельного горения струи газа. Вероятность события составляет $2,4 \cdot 10^{-5} \text{год}^{-1} \text{м}^{-1}$. Вероятности образования горизонтального и вертикального факела составляют $0,67$ и $0,33 \text{год}^{-1} \text{м}^{-1}$ соответственно, учитывая вероятность поражения человека тепловым излучением факельного горения на открытой местности.

Трубопроводы относятся к категории энергетически напряженных объектов, отказы которых сопряжены, как правило, со значительным материальным и экологическим ущербом. Обычно трубопровод выполняется подземно с глубиной заложения не менее 1,0 м до верха трубы, на обводненных участках и болотах – 1,0 м до верха забалластированного трубопровода. Состав природного газа разных месторождений отличается, но основную массу (90 – 96 %) всегда составляет метан. Природный газ бесцветен, в большей части не имеет запаха, не токсичен при концентрациях, не превышающих предельно-допустимые значения, почти в два раза легче воздуха, взрывопожароопасен, предел взрываемости 5-15 % объема. Предельно допустимая концентрация (ПДК) содержания метана (CH_4) в воздухе рабочей зоны – 7000мг/м^3 , рекомендованное значение параметра в газовом составе воздуха для метана - не более 300мг/м^3 . Метан взрывоопасен при концентрации в воздухе от 4,4 % до 17 %. Наиболее взрывоопасная концентрация 9,5 %. Является наркотиком, действие ослабляется ничтожной растворимостью в воде и крови. Класс опасности – четвертый [1].

Сеть газопотребления ООО ПК «МИВОК» (газопроводы ООО ПК «МИВОК» от точки врезки надземного газопровода среднего давления до подвода газопровода к Воронежской ТЭЦ-1 – теплоэлектроцентрали, расположенной в городе Воронеж). Основной функцией ТЭЦ является производство электро- и теплоэнергии. Воронежская ТЭЦ-1 – это тепловая электростанция установленной электрической мощностью 138 МВт и энергетической мощностью 1181 Гкал/ч [1].

Анализ статистических данных по причинам возникновения аварийных ситуаций на энергетическом объекте техносферы показал следующие результаты.

Возможными причинами возникновения аварийных ситуаций в сети газопотребления ООО ПК «МИВОК» являются:

- усталость материала труб, коррозия, брак сварочных швов, деформация, механические повреждения в результате нарушения регламента работ;
- нарушения технологии ремонта;
- нарушения режимов или параметров подачи газа, в том числе недопустимые колебания давления газа по внешней сети;
- нарушение регламентов пусков-остановов, в том числе котельного оборудова-

ния.

Основные причины возникновения нештатных ситуаций на оборудовании сети газопотребления:

- разгерметизация (разрушение) наружных газопроводов среднего давления с утечкой взрывоопасного газа в атмосферу, образования факельного горения или загазованность территории объекта;

- разгерметизация (разрушение) или повреждение внутренних газопроводов среднего давления с утечкой взрывоопасного газа в помещении, возникновении факельного горения или загазованностью помещения и взрывного облака газозвдушной смеси с развитием пожара, причинами которых являются возникновение искр, образующих при соударениях друг с другом фрагментов трубы;

- взрыв газа внутри топков и газоходов котлов с развитием пожара.

Одной из причин аварий на объекте газораспределения и газопотребления могут быть организационные мероприятия: недостаточная проработка плана производства работ, низкая производственная и технологическая дисциплина, нарушение производственных инструкций персоналом по причине плохого знания их, отсутствие практических навыков, халатность.

В зависимости от характера разгерметизации оборудования сети газопотребления нештатная авария на объекте может проявляться в виде факельного горения и взрыва природного газа [1, 2].

При разгерметизации газопровода чаще всего происходит истечение природного газа в атмосферу с последующим рассеянием. При разгерметизации надземных участков газопроводов так же возможно факельное горение (образование горячей струи в условиях мгновенного воспламенения утечки газа). При разгерметизации газопровода в помещении возможно образование взрыво- и пожароопасной газозвдушной смеси, которая при наличии источника зажигания способна к взрыву (повышению давления в помещении за счет сгорания горючей смеси), приводящему к разрушению зданий и травмированию людей.

Таким образом, анализ свойств природного газа, особенностей технологии и анализа статистических данных по авариям, имевшим место на аналогичных объектах, позволяет определять сценарии развития аварийных ситуаций на данном объекте, как показано в работах [4, 5].

На анализируемом объекте ООО ПК «МИВОК», на оборудовании сети газопотребления возможно возникновение факельного горения струи газа и взрывов газозвдушной смеси с разрушением оборудования, зданий, сооружений и поражением персонала ударной волной. Поражающим фактором таких аварийных ситуаций является тепловое излучение вертикального и горизонтального факела. Исходные данные по определению размеров факела приведены в табл. 1 (первые две буквы (ПГ) указывают на то, что данный сценарий аварии рассматривается на участке (блока) использующем то или иное опасное вещество (в данном случае опасное вещество является природный газ); следующие за буквами цифра соответствует номеру участка (блока) на соответствующей объекта, использующего данное опасное вещество; буква С и следующая за ней цифра обозначают номер типового сценария на участке (блока) использующем данное опасное вещество).

В работе проведено моделирование различных сценариев развития пожароопасных ситуаций на участках сети газопотребления на примере технологического блока №3 – надземный газопровод среднего давления от точки врезки в подземный газопровод до котельной. На данном участке №3 возможно возникновение факельного горения при разгерметизации (ПГ-3С-2_{вер}) или разрушении надземного газопровода среднего давления (сценарий ПГ-3С-2_{он}). В работе рассмотрено моделирование только для одного сценария С-2. В табл. 2 приведена частота реализации сценария С-2 развития пожароопасных ситуаций. Результаты расчета размеров факела пред-

ставлены в табл. 3.

Таблица 1

Определение размеров факела. Исходные данные

Наименование показателя	Сценарий развития пожароопасной ситуации и значение показателя	
	ПГ-3С-2 _{вер}	ПГ-3С-2 _{оп}
Коэффициент истечения (μ)	0,62	0,62
Диаметр отверстия разгерметизации ($d_{отв}$), м	0,0125	0,082
Атмосферное давление (P_0), Па	101000	101000
Молярная масса (M), кг/кмоль	16,04	16,04
Показатель адиабаты газа, γ	1,33	1,33
Универсальная газовая постоянная R , Дж/моль·К	8,31	8,31
Давление в газопроводе $P_{обор}$, Па	300000	300000
Температура сжатого газа в газопроводе $T_{обор}$, °С	10	10
Эмпирический коэффициент K	12,5	12,5

Таблица 2

Частоты реализации сценария С-2 развития пожароопасных ситуаций на технологическом блоке №3 сети газопотребления ООО ПК «МИВОК»

№ блока	Иницирующие события	Частота инициирующего события		Расход газа через аварийное отверстие, кг/с	№ сценария пожароопасной аварийной ситуации	Основной поражающий фактор	Чистота реализации пожароопасной ситуации на технологическом участке	
		год ⁻¹ * м ⁻¹	год ⁻¹				год ⁻¹ * м ⁻¹	год ⁻¹
Блок 3: Наземный газопровод среднего давления от точки врезки подземный газопровод до котельной	Разгерметизация надземного газопровода с/д	5,7*10 ⁻⁶	1,43*10 ⁻³	0,054	ПГ-3С-2 _{вер}	Тепловое излучение кольшущегося горения	1,4*10 ⁻⁵	5,7*10 ⁻⁸
	Разрушение надземного газопровода с/д	1,4*10 ⁻⁶	3,5*10 ⁻⁴	2,734	ПГ-3С-2 _{оп}	Тепловое излучение факельного горения	2,4*10 ⁻⁵	9,8*10 ⁻⁸

Таблица 3

Определение размеров факела. Результаты расчетов по [1]

Наименование показателя	Сценарий развития пожароопасной ситуации и значение показателя	
	ПГ-3С-2 _{вер}	ПГ-3С-2 _{оп}
Площадь отверстия разгерметизации A_{hol} , м ²	1,227x10 ⁻⁴	5,281x10 ⁻³
Плотность газа в газопроводе $\rho_{гг}$, кг/м ³	2,734	2,734
Массовая скорость истечения сжатого газа из газопровода G , кг/с (по формулам ПЗ.11-ПЗ.14)	0,054	2,734
Длина факела $L_{ф}$, м (по формуле ПЗ.71)	3,877	17,46
Ширина факела $D_{ф}$, м (по формуле ПЗ.72)	0,582	2,619

Сценарий С-2: разгерметизация или разрушение газопровода → истечение газа в атмосферу или в помещение с мгновенным восстановлением → возникновение фа-

кельного горения, поражение персонала предприятия тепловым излучением, возникновения очагов пожара.

В соответствии с [6] зона непосредственного контакта пламени с окружающими объектами, область наиболее опасного теплового воздействия, определяется размерами факела. В этой зоне интенсивность теплового излучения факела принята равной 100 кВт/м^2 . Исходные данные для определения интенсивности теплового излучения горизонтальных факелов приведены в табл. 4, а результаты расчета в табл. 5 по методике [6].

Таблица 4

Определение интенсивности теплового излучения факельного горения.
Исходные данные

Наименование показателя	Сценарий развития пожароопасной ситуации и значение показателя	
	ПГ-3С-2 _{вер}	ПГ-3С-2 _{оп}
Длина факела $L_{\text{ф}}$, м (по формуле ПЗ.71)	3,877	17,46
Ширина факела $D_{\text{ф}}$, м (по формуле ПЗ.72)	0,582	2,619
Среднеповерхностная плотность теплового излучения пламени (E_f), кВт/м ²	200	200

Таблица 5

Определение интенсивности теплового излучения факельного горения.
Результаты расчета

Степень поражения	Интенсивность излучения, кВт/м ²	Сценарий развития пожароопасной ситуации и значение расстояния от центра факела, м	
		ПГ-3С-2 _{вер}	ПГ-3С-2 _{оп}
Непереносимая боль через 3-5 с Ожог 1 степени через 6-8 с Ожог 2 степени через 12-16 с	10,5	5,816	26,19
Гибель людей (зона непосредственного контакта пламени с окружающим объектами)	100	3,877	17,46

Анализ полученных данных показывает, что аварийная ситуация по сценарию ПГ-3С-2_{вер} менее опасна по количеству погибших (по размерам факела и интенсивности теплового излучения), чем по сценарию ПГ-3С-2_{оп}.

Далее для расчета интенсивности теплового излучения вертикального факела на различных расстояниях был выбран наиболее опасного сценария развития аварии ПГ-3С-2_{оп}, он представлен в табл. 6 и на рис. 1.

Заключение. В процессе анализа риска было установлено, что наиболее вероятной аварийной ситуацией на оборудовании сети газопотребления ООО ПК «МИВОК» является авария, связанная с разгерметизацией надземного газопровода среднего давления и возникновением теплового излучения колышущегося горения, (сценарий ПГ-3С-2_{вер}), вероятность события $1,4 \cdot 10^{-5}$ (табл. 3).

Наиболее опасен вариант развития аварии по критериям чрезвычайных ситуаций (число погибших и причиненный ущерб) по сценарию ПГ-3С-2_{оп} в технологическом блоке № 3, вероятность составляет $2,4 \cdot 10^{-5}$ (табл. 3).

На технологическом участке №3 предприятия возможно возникновение факельного горения при разгерметизации (сценарий ПГ-3С-2_{вер}) или разрушение надземного газопровода среднего давления (сценарий ПГ-3С-2_{оп}). Величина интегрального индивидуального риска для персонала ООО ПК «МИВОК» составляет $8,75 \cdot 10^{-7}$, определенный по методике [1, 6].

Таблица 6

Численное значение интенсивности теплового излучения вертикального факела на различных расстояниях для наиболее опасного сценария развития (сценарий ПГ-3С-2_{оп})

Степень поражения	Интенсивность излучения, кВт/м ²	Расстояние от центра очага пожара, м
Без негативных последствий в течении длительного времени	1,4	22,15
Безопасно для человека в брезентовой одежде	4,2	13,9
Непереносимая боль через 20-30 с Ожог 1 степени через 15-20 с Ожог 2 степени через 30-40 с	7,0	10,7
Непереносимая боль через 3-5 с Ожог 1 степени через 6-8 с Ожог 2 степени через 12-16 с	10,5	8,5
Мгновенные болевые ощущения через 4с	20,0	5,5
Летальный исход с вероятностью 50% при длительности воздействия около 10с.	44,5	3,0

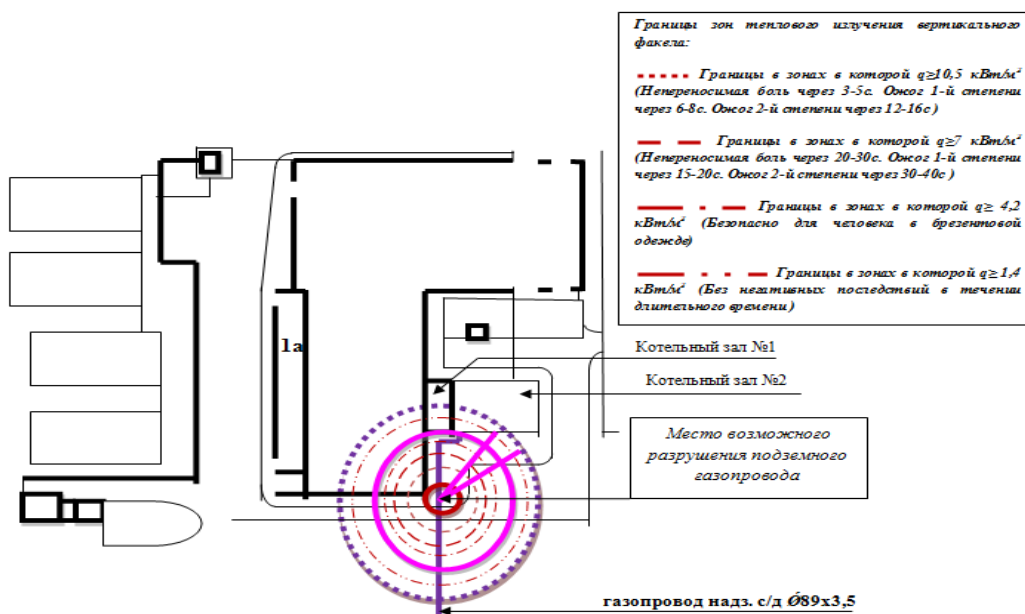


Рис. 1. Зоны действия поражающих факторов факельного горения при аварийной ситуации на надземном газопроводе среднего давления на участке 3 (сценарий С-2, сценарий С-3)

Итак, в соответствии с критериями зонирования территории по степени опасности чрезвычайной ситуаций, прилегающие к ООО ПК «МИВОК», территория объекта находится в зоне приемлемого риска и специальных мероприятий по уменьшению значений риска не требуется.

Список литературы:

1. «Прогнозирование медико-санитарных последствий химических аварий и определение потребности в силах и средствах для их ликвидации» Министерство здравоохранения Российской Федерации. Всероссийский центр медицины катастроф «Защита». 2001 г. (Утверждено заместителем Министерства здравоохранения РФ Г.М.Петровым 09.02.2001 года)
2. Мартынюк В.Ф., Суворова В.В. Алгоритм количественной оценки риска распределительного газопровода // Управление качеством в нефтегазовом комплекса. - 2006. №4 –С.42-47
3. Смирнова, В.В. Анализ причин аварийности, мероприятий по предупреждению опасностей и ликвидации последствий аварий на объектах нефтегазодобычи, на

- нефтепроводах / В.В. Смирнова, В.Ф. Мартынюк, Б.Е. Прусенко и др. // Безопасность жизнедеятельности. 2007. №7. С. 33-39.
4. Барковская, Д.В. Использование методологии анализа риска при оценке безопасности объектов техносферы / Д.В. Барковская, А.В. Звягинцева // Мат-лы Двенадцатого междунаучно-практ. семинара «Практика и перспективы развития партнерства в сфере высшей школы». В 2-х томах. – Донецк: Дон-НТУ, 2011. Т.2. С. 144-149.
 5. Барковская, Д.В. Особенности проведения инженерно-технических мероприятий по повышению безопасности при эксплуатации техногенных объектов / Д.В. Барковская, А.В. Звягинцева // Машиностроение и техносфера XXI века. Сборник трудов XVIII междунаучно-техн. конф. – Донецк: Дон-НТУ. 2011. Т.1. С. 69-75.
 6. ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».

RISK ANALYSIS ON EXTERNAL, ABOVE-GROUND GAS PIPELINE OF AVERAGE PRESSURE

A.S. Tenkaeva, A.V. Zvyagintseva, N.V. Mozgovoy

Voronezh State Technical University, Voronezh, 394053, Russia

e-mail: atenkaeva@mail.ru, zvyagintsevaav@mail.ru, nv_moz@mail.ru

The indicators of the degree of risk of emergency situations for the personnel of a dangerous object, the possibility of emergency situations, the assessment of possible consequences of emergency situations at a dangerous object are considered. The analysis of risk of probability of occurrence of emergency situations on the above-ground gas pipeline of average pressure, in relation to concrete object of LLC PK "MIVOK" is carried out. The zones of action of the damaging factors of flare combustion in case of emergency on the external above-ground gas pipeline of medium pressure are constructed. In the process of research it was found that the most likely emergency situation on the equipment of the gas consumption network of LLC PK "MIVOK" is the emergency associated with the destruction of the above-ground gas pipeline of medium pressure and the occurrence of flare combustion of the gas jet. Its probability is $2.4 \cdot 10^{-5} \text{ year}^{-1} \text{ m}^{-1}$. The probabilities of horizontal and vertical torches are 0.67 and 0.33, respectively, given the probability of human damage by thermal radiation of flare combustion in an open area. This article describes the engineering and technical measures to improve safety on the external, above-ground gas pipeline of medium pressure at the facility of LLC PK "MIVOK", also analyzed measures to reduce the risk and mitigate the effects of emergencies, which in most cases significantly reduce the damage caused by possible on-site emergencies, life and health of staff, and the population, the environment.

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ГРУНТА НА ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ЗООБЕНТОСА ДЖАРЫЛГАЧСКОГО ЗАЛИВА ЧЕРНОГО МОРЯ

А.С. Терентьев

Керченский филиал («ЮгНИРО») ФГБНУ «Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства, г. Керчь, 98300, Российская Федерация,
e-mail: iskander65@bk.ru

Джарылгачский залив находится в северо-западной части Черного моря и отделен от Каркинитского залива одноименным островом Джарылгач. В настоящее время часть залива входит в созданный в 2009 г. Джарылгачский национальный природный парк [1].

Материал по зообентосу был собран в 1993 г на 70 станциях, при помощи дночерпателя Петерсена, площадью охвата 0,025 м², на глубине от 3 до 12 м. Сбор материала осуществлялся по общепринятым методикам [2]. Таксономическая обработка сборов осуществлялась по трехтомному Определителю фауны Черного и Азовского морей [3, 4, 5] с уточнениями по номенклатурным изменениям [6, 7, 8].

Распределение грунтов на акватории Джарылгачского залива было очень мозаичным (рис. 1).

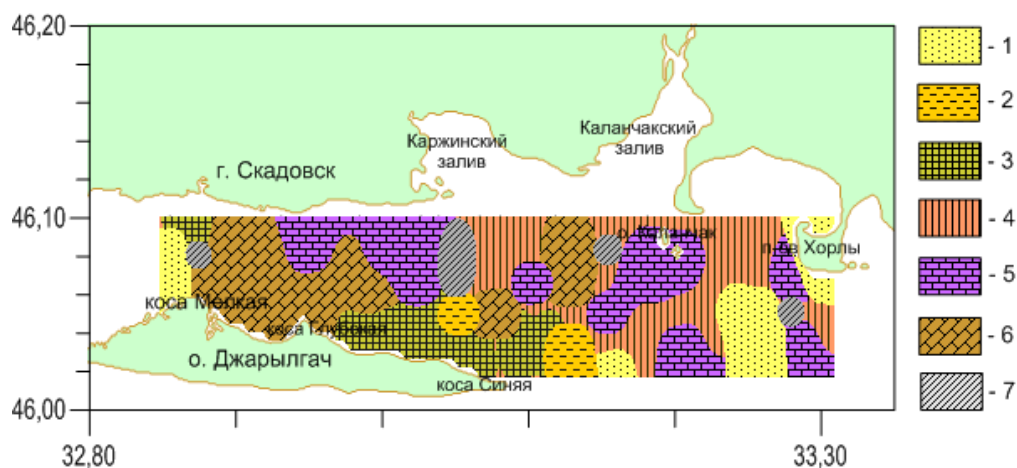


Рис. 1. Распределение грунтов на акватории Джарылгачского залива. Условные обозначения:
1 – песок, 2 – илистый песок, 3 – песчаный ил, 4 – песчаная ракуша,
5 – ракуша, 6 – заиленная ракуша, 7 – ил.

Песок начинается от берега и опускается до 10 м глубины. Илистый песок залегает в основном на глубинах 7-11 м. Песчаный ил до 9 м глубины. Песчаная ракуша присутствует на всем диапазоне глубин. Ракушечники начинаются от берега и уходят на глубину до 9 м. Заиленная ракуша в основном залегает на глубинах 7-9 м. Ил в основном лежит на глубинах 4-9 м.

На акватории Джарылгачского залива было обнаружено 100 видов животных: 30 видов ракообразных, 20 – полихет, 18 – двустворчатых моллюсков, 14 – брюхоногих моллюсков, 8 – губок, 4 – кишечнополостных, 3 – асцидий, по 1 виду форонид и панцирных моллюсков. В сборах присутствовали немуринки. Наиболее часто встречались брюхоногие моллюски: *Bittium reticulatum*, *Gibbula albida*, двустворчатые моллюски: *Chamelea gallina*, *Mytilaster lineatus*, *Mytilus galloprovincialis*, *Polititapes aureus*, полихеты: *Harmothoe imbricata*, *H. reticulata*, *Lagis koreni*, *Melinna palmata*, *Nephtys hombergii*, *Platynereis dumerilii*, ракообразные: *Ampelisca diadema*, *Ampithoe ramondi*, *Stenosoma capito*.

Плотность видов колебалась от 1 до 23 вид/0,025м². Средняя плотность видов зообентоса в заливе была 10,1±0,7 вид/0,025м². Наиболее низкая наблюдалась в западной части залива, возле п-ва Хорлы, а также юго-западнее о. Каланчак (рис. 2).

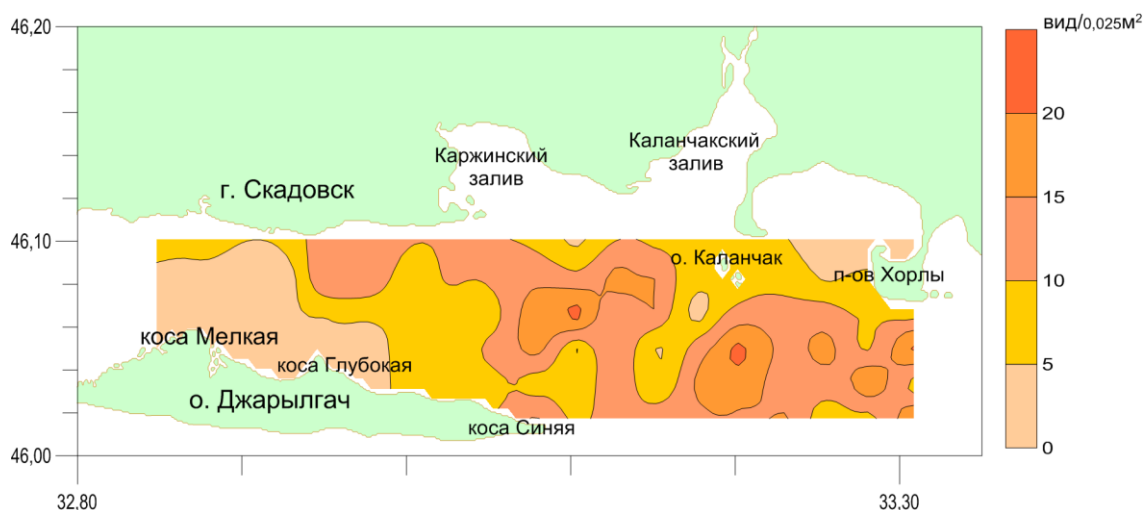


Рис. 2. Плотность видов зообентоса Джарылгачского залива

Высокой плотностью видов отличалась центральная и юго-восточная части залива.

Тип грунта на 12-20 % определял видовое богатство зообентоса, которое на разных грунтах колебалось от 18 до 70 видов животных (рис. 3).

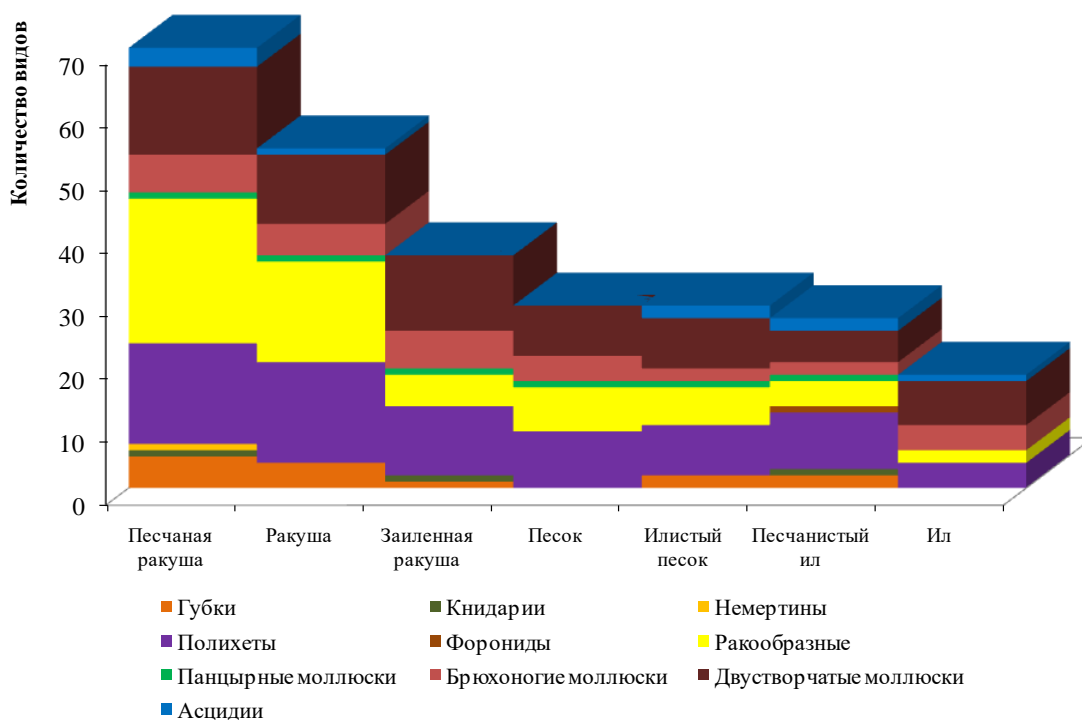


Рис. 3. Видовое богатство зообентоса на различных грунтах Джарылгачского залива

Наибольшим видовым богатством отличалась песчанистая ракуша, а наименьшим – ил. На втором месте по видовому богатству находилась ракуша. Относительно высоким видовым богатством отличалась заиленная ракуша.

Наибольшая доля видового богатства приходилась на двустворчатых моллюсков, полихет и ракообразных. Между содержанием в грунте различных фракций и плотностью видов различных таксономических групп за исключением губок, книдарий и асцидий существует значительная корреляционная связь (табл. 1).

Таблица 1

Корреляция плотность видов различных таксономических групп зообентоса и содержанием различных фракций в грунте Джарылгачского залива

Таксономическая группа	Коэффициент корреляции от содержания в грунте		
	ракуши	песка	ила
Губка	+0,07±0,12	+0,02±0,12	-0,09±0,12
Книдарии	-0,11±0,12	+0,07±0,12	+0,06±0,12
Полихеты	+0,34±0,11	-0,14±0,12	-0,24±0,12
Ракообразные	+0,27±0,12	+0,19±0,12	-0,43±0,11
Брюхоногие моллюски	-0,01±0,12	+0,20±0,12	-0,15±0,12
Двустворчатые моллюски	+0,23±0,12	-0,03±0,12	-0,21±0,12
Асцидии	-0,02±0,12	+0,05±0,12	-0,02±0,12
Общая плотность видов	+0,28±0,12	+0,07±0,12	-0,34±0,11

Для ракуши в основном положительная, а ила отрицательная. Изменение доли песчаной фракции имеет значимую положительную связь только для брюхоногих моллюсков и ракообразных. Наиболее сильно от содержания ракуши в грунте зависли полихеты, в меньшей степени ракообразные и двустворчатые моллюски. От содержания илистых фракций в большей мере зависела плотность видов ракообразных. Содержание песка влияло в основном на плотность видов брюхоногих моллюсков и ракообразных. В целом на плотность видов всего зообентоса наиболее сильное влияние оказывает содержание ракуши и ила в грунте.

По мере увеличения доли ракуши в грунте видовое богатство зообентоса увеличивается. Максимум наблюдается, когда доля ракуши достигает 80%, но затем наблюдается резкое снижение видового богатства зообентоса (рис. 4).

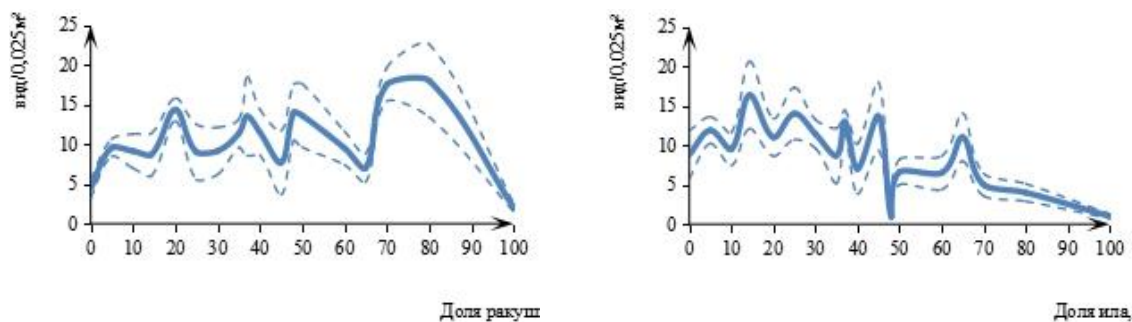


Рис. 4. Зависимость плотности видов зообентоса Джарылгачского залива от доли ракуши и ила в грунте

По мере увеличения доли илистой фракции в грунте плотность видов постепенно снижается. Максимальное видовое богатство наблюдалось при 15 % ила.

При практически полном отсутствии ракуши в грунте плотность видов полихет в среднем равняется $1,4 \pm 0,6$ вид/м² (рис. 5).

Их максимальная плотность видов ($6,5 \pm 0,7$ вид/м²) наблюдается когда доля ракуши в грунте достигает 70 %. На участках свободных от илов она равнялась $2,6 \pm 1,4$ вид/м², а максимальная при 14 % содержания ила в грунте.

Видовая плотность ракообразных мало изменялась при содержании ракуши в грунте от 5 до 65 %, при этом она в среднем равнялась $2,1 \pm 0,3$ вид/м². При практически полном отсутствии ракуши в грунте она снизилась до $0,4 \pm 0,3$ вид/м². Максимальная плотность видов ($8,0 \pm 3,5$ вид/м²) была при 80 % доли ракуши в грунте, но на практически чистых ракушечниках она упала до $1,0 \pm 0,4$ вид/м². Максимальная плотность ракообразных ($6,5 \pm 0,7$ вид/м²) была при 37 % доли песчаной фракции в

грунте. Минимальная наблюдалась на грунтах, где песок практически полностью отсутствовал. Увеличение илистой фракции в грунте приводит к уменьшению плотности видов ракообразных.

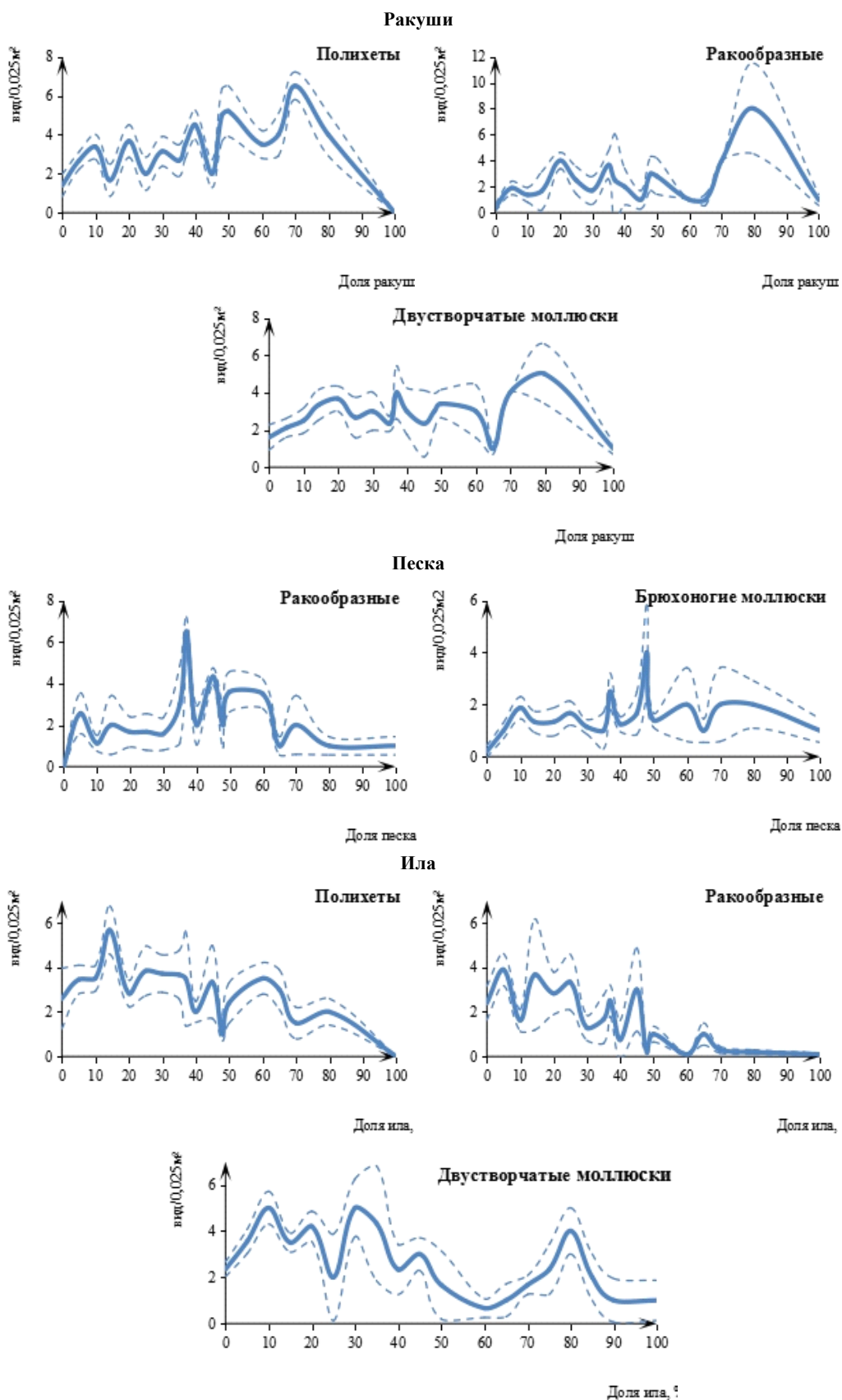


Рис. 5. Зависимость плотности видов ракообразных, брюхоногих моллюсков, двустворчатых моллюсков и полихет Джарылгачского залива от доли ракуши, песка или ила в грунте

При практически полном отсутствии ракуши в грунте плотность видов двустворчатых моллюсков была $1,6 \pm 0,7$ вид/м². На чистых ракушечниках – $1,0 \pm 0,3$ вид/м². Максимальная ($5,0 \pm 1,6$ вид/м²) была при 80 % доли ракуши в грунте. На грунтах свободных от ила она равнялась $2,3 \pm 0,3$ вид/м².

При практически полном отсутствии песчаной фракции плотность видов брюхоногих моллюсков равнялась $0,20 \pm 0,17$ вид/м². Максимальной ($2,5 \pm 0,7$ вид/м²) она была при 37 % доле песка в грунте. На практически чистом песке она равнялась $1,0 \pm 0,4$ вид/м².

Расчеты показывают, что для общей плотности видов зообентоса наиболее подходящим является грунт, состоящий из 60 % ракуши, 36 % песка и 4 % ила, т.е. песчанистая ракуша. Для губок, полихет и ракообразных более всего подходит ракуша, для брюхоногих и двустворчатых моллюсков – заиленная ракуша, для асцидий – песчанистая ракуша.

Список литературы:

1. Указ президента Украины про створення національного природного парку "Джарилгацький" <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/1045/2009> (дата обращения 13.03.2018)
2. Жадин В. И. Методы гидробиологических исследований. М.: Изд-во Высшая школа, 1960, 191с.
3. Определитель фауны Черного и Азовского морей. Т. 1. Свободноживущие беспозвоночные. Простейшие, губки, кишечнополостные, черви, щупальцевые. Киев, Изд. "Наукова думка", 1968, 437с.
4. Определитель фауны Черного и Азовского морей. Т. 2. Свободноживущие беспозвоночные. Ракообразные. Киев, Изд. "Наукова думка", 1969, 536с.
5. Определитель фауны Черного и Азовского морей. Т. 3. Свободноживущие беспозвоночные. Членистоногие (кроме ракообразных), моллюски, иглокожие, щетинкочелюстные, хордовые. Киев, Изд. "Наукова думка", 1972, 340с.
6. Emig C.C. British and other Phoronids. Keys and notes for identification of the species. London: Acad. Press, v. 13, 1979. 57p.
7. Pitombo F. B. Phylogenetic analysis of the Balanidae (Cirripedia, Balanomorpha) // Zoologica Scripta. vol. 33, no 3, 2004. P. 261-276.
8. World Register of Marine Species (WoRMS). – URL: <http://www.marinespecies.org/index.php> (дата обращения 12.04.2019)

INFLUENCE OF SUBSTRATE COMPOSITION ON THE SPECIES DIVERSITY OF THE ZOOBENTHOS IN THE DZHARYLGACH BAY OF THE BLACK SEA

A.S. Terentev

*Kerch Branch ("YugNIRO") of the FSBSI "Azov Sea Research Fisheries Institute",
Kerch, Russian Federation, 98300, e-mail: iskander65@bk.ru*

Abstract

In the species richness of the zoobenthos in Dzharylgach Bay, 100 species of bottom animals were recorded. Among them, crustaceans prevailed: they were presented by 30 species; polychaetes were presented by 20 species, and there were 18 species of bivalve molluscs. Density of zoobenthos species varied in the range from 1 to 23 species/0.025 m², which, on average, was equal to 10.1 ± 0.7 species/0.025 m². The type of substrate was accountable for 12–20 % of zoobenthos species richness, which varied from 18 to 70 animal species on the substrates of different types. Sandy shell was characterized by the highest species richness, and silt was characterized by the lowest one. Zoobenthos species richness was facilitated the most by sandy shell. Shelly substrate was the most favourable for the species diversity of sponges, polychaetes and crustaceans, silty shell suited gastropods and bivalve molluscs, and sandy shell was the best for ascidians.

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АКВАТОРИЙ В ОТНОШЕНИИ ТЕХНОГЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ ПЛУТОНИЯ

Н.Н. Терещенко

*Институт морских биологических исследований им. А.О. Ковалевского РАН,
Севастополь, 299011, Российская Федерация, e-mail: ntereshchenko@yandex.ru*

Одной из важных задач прикладной гидробиологии является изучение процессов формирования качества природных вод как результата взаимодействия биотической и абиотической компоненты водной экосистемы. И так как техногенные вещества, поступающие в водные экосистемы, становятся абиогенной составляющей этой экосистемы, то для оценки процессов формирования качества вод важно знать какие свойства техногенных веществ наиболее сильно влияют на эти процессы и как они взаимодействуют с основными живыми и косными компонентами в экосистеме (водой, донными осадками, гидробионтами). Это позволит на основе полученных данных формировать систему наблюдений в водоеме – экологический мониторинг, который бы содержал всю необходимую информацию для совершенствования научно-обоснованной оценки текущего экологического состояния акваторий и прогнозных оценок, экологического нормирования поступления техногенных веществ в водные экосистемы.

В настоящее время экологическое нормирование антропогенного воздействия на морскую среду осуществляется, главным образом, по показателям токсичности техногенных веществ с использованием значений их предельно допустимых концентраций (ПДК). При всех несомненных достоинствах, данный подход является статическим и не позволяет рассчитывать предельно допустимое поступление техногенных веществ в морские акватории, поскольку при этом не учитываются процессы, происходящие в самой экосистеме в результате ее естественного функционирования: биогеохимической трансформации вещества, иммобилизации, удаления из водной толщи и депонирования в донных отложениях. Для решения этой задачи в морской радиохемозологии разработана методология определения экологической емкости морской водной среды в отношении радиоактивного и химического загрязнения [1, 2]. В отличие от ПДК, величина экологической емкости является динамической характеристикой способности морских вод к самоочищению и определяется как соотношение потоков поступления загрязнений в морскую водную среду и их биотического и абиотического удаления. На практике, для количественного определения величины экологической емкости необходимы данные по всей совокупности процессов биоаккумуляции токсикантов, их миграции по трофическим цепям, а также удаления из загрязненной водной толщи в результате гидрологических и седиментационных процессов.

Следует, однако, отметить, что величина экологической емкости характеризует предельно допустимое поступление загрязняющих веществ в исследуемую акваторию без учета их токсического (или для радионуклидов радиотоксического – дозового) воздействия на гидробионты. В связи с этим необходимы дополнительные граничные условия, определяемые пороговыми величинами биологического действия токсикантов. Решение этой задачи для химических токсикантов относится к водной экотоксикологии, рассматривающей совокупность процессов поступления, миграции, трансформации и биологического действия загрязняющих веществ в водоемах. Вместе с тем, в морской радиоэкологии активно развивается концепция эквидозиметрического подхода, которая позволяет сравнивать биологические

эффекты различных загрязнений как ядерной (ионизирующее излучение), так и неядерной (химические токсиканты и другие токсические факторы) природы. Их действие сопоставляется с величиной экологического эффекта, обусловленного только ионизирующим излучением, которое, в отличие от большинства известных химических токсикантов, имеет менее специфическое влияние на живые организмы и может, таким образом, применяться в качестве универсального дозового эквивалента [3]. Кроме того, экологические процессы, определяющие самоочищение морской водной среды, также являются неспецифическими в отношении химических и радиоактивных загрязнений, однако проследить миграцию последних значительно легче, поскольку они, выступают в роли радиоактивной метки в среде, в которую поступают, и могут быть точно измерены в низких концентрациях с помощью физических методов измерения, например, альфа-, гамма- или бета-спектрометрии. Поэтому комплексная оценка экологического состояния акваторий и целых водоемов, основанная на суперпозиции основных двух подходов – биогеохимического (экологической емкости, выражаемой через потоки вещества) и эквидозиметрического (предельного значения мощности дозы хронического облучения, формируемой ионизирующим излучением радиоизотопов в биологических объектах, и соответственного ожидаемого уровня экологического воздействия на гидробионтов) будет способствовать дальнейшему развитию методологии объективного экологического нормирования предельно допустимой антропогенной нагрузки на морскую среду.

Одним из антропогенных составляющих компонентов водных экосистем, который стал формироваться с применением человечеством ядерных технологий в мирных и военных целях являются искусственные радионуклиды. В постчернобыльский период к числу основных дозообразующих техногенных радионуклидов в черноморском регионе относятся альфа-излучающие радионуклиды плутония ($^{238,239,240}\text{Pu}$). Целью настоящей работы было выявление основных процессов в экосистеме, влияющих на перераспределение техногенных радионуклидов плутония в черноморских акваториях, и применение комплексного подхода для оценки экологического состояния акваторий путем реализации предложенной схемы исследований и анализа полученных результатов для оценки текущего и прогнозируемого радиационно-экологического состояния акватории на примере долгоживущих радионуклидов плутония и прибрежной полузакрытой морской акватории – Севастопольской бухты.

В работе использованы данные, полученные в Черном море в постчернобыльский период (1986–2016 гг.) по материалам, собранным в научно-исследовательских рейсах на отечественных судах НИС “Проф. Водяницкий”, “Ак. Ковалевский” и германском НИС “Mariya Merion” и в ходе прибрежных сухопутных экспедиций [4–7].

Радионуклиды плутония определяли известным методом, результаты определенных подвергали стандартной статистической обработке [4], седиментационные потоки плутония определяли с помощью радиотрассерного метода [8] и согласно известной методологии [1, 2], эквидозиметрический анализ проводили с использованием концептуальной модели зональности хронического действия ионизирующего излучения мощностей доз в природе (далее концептуальная модель) Г.Г. Поликарпова [3, 4].

Опираясь на результаты изучения ведущих процессов, определяющих перераспределение техногенных $^{239,240}\text{Pu}$ в Черном море, с учетом количественных характеристик этих процессов, выявленных основных биогеохимических особенностей поведения $^{239+240}\text{Pu}$ в море, уровней аккумуляционной способности гидробионтов и дозовых нагрузок на водные организмы, а также на концептуальную модель Г.Г. Поликарпова, предложена схема, которая включает алгоритм направленности исследований и анализа полученных результатов для получения количественных критериев для проведения текущих и прогнозных оценок экологического состояния в отноше-

нии долгоживущих радионуклидов в изученных морских акваториях в широком диапазоне концентрации активности альфа-излучающих радионуклидов плутония $^{239+240}\text{Pu}$ в воде (Рис.1).

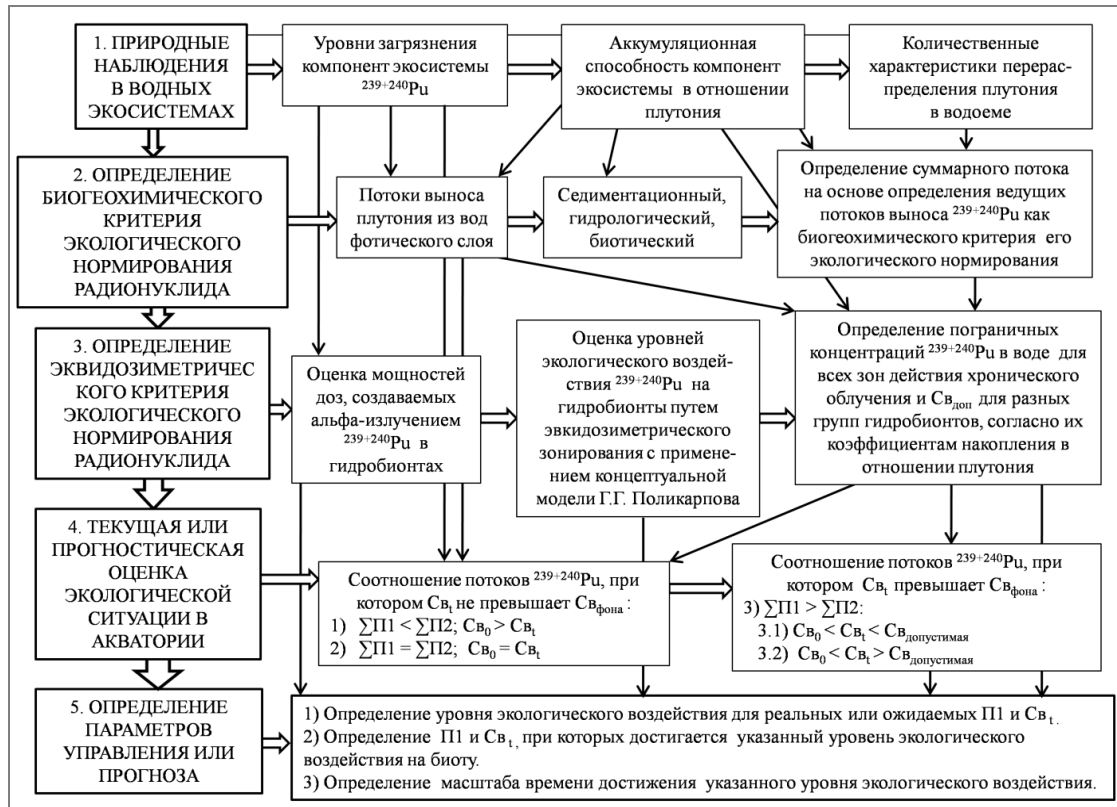


Рис. 1. Схема оценки экологического состояния (уровней ожидаемого биологического воздействия) в акваториях по биогеохимическим и эквидозиметрическим критериям для широкого диапазона концентрации активности радиоактивных изотопов плутония в воде, где: П1 – поток поступления Pu , П2 – ведущий поток его выноса (для плутония – поток биогеохимической седиментации) из воды, S_{v0} – концентрация активности $^{239+240}\text{Pu}$ в воде, S_{v0} – исходный уровень $^{239+240}\text{Pu}$ в воде (т.е. уровень концентрации активности $^{239+240}\text{Pu}$ в начальный момент времени до начала планового или аварийного поступления радионуклида в акваторию), $S_{v\text{доп}}$ – гранично допустимая концентрация активности $^{239+240}\text{Pu}$ в воде

Данная схема (рис.1) и комплексный подход оценки экологического состояния акваторий по количественным критериям реализован на примере прибрежной полузакрытой морской акватории – Севастопольской бухты. Был определен ведущий биогеохимический критерий нормирования уровней загрязнения плутонием акватории бухты, как элемента с педотропным типом биогеохимического поведения в черноморской экосистеме. Таким критерием для радионуклидов плутония служит седиментационный поток плутония из воды в донные отложения. В таблице 1 дано сравнение трех потоков элиминации плутония из водной среды акватории. Из приведенных данных видно, что более 99% потока элиминации осуществляется за счет седиментационных процессов в бухте.

В данном подходе были учтены конкретные биогеохимические характеристики исследуемой природной экосистемы (биогеохимические седиментационные потоки радионуклидов плутония из воды в донные отложения, определяемые, в частности, биологической продуктивностью вод, количеством общего взвешенного вещества и скоростью его седиментации; аккумуляционная способность биотических и абиотических компонент экосистемы, гидрологический режим акватории). А также рассматривали свойства самого плутония (тип его биогеохимического поведения, физико-химические свойства, в частности его сорбционную и способность и радиологические характеристики радионуклидов). Это позволяет более точно оценить способ-

ность вод фотического слоя данной морской экосистемы к самоочищению. Предложенная схема позволяет выполнять оперативные оценки текущего или ожидаемого уровня биологического влияния радионуклидов, рассчитывать их потоки, при которых он формируется, время достижения контрольных концентраций активности. Она рекомендует для контроля над экологической ситуацией в акватории использовать регулирование величины потока радионуклидов в акваторию водоема, не допуская достижения критических уровней для предотвращения негативного воздействия на биоту. При отсутствии возможности регулирования потока загрязнителя можно спрогнозировать время достижения предельных значений потока и концентрации активности $^{239+240}\text{Pu}$ и спланировать возможные контрмеры на полученном масштабе времени, а также время самоочищения вод при условии стационарного функционирования экосистемы. Важно также и то, что предлагаемый подход, нацеливает мониторинговые исследования на выявление основных закономерностей поведения радионуклида: типа его биогеохимического поведения, влияния условий конкретной экосистемы на них, изучения количественных характеристик биогеохимических процессов в экосистеме, используя радионуклиды не только как предмет, но и как метод исследования. Т.е. техногенные радиоактивные изотопы, поступившие в морскую среду, применяются в качестве радиотрассеров природных процессов, в частности, для определения скорости осадконакопления и скорости седиментации взвешенного вещества для сорбционно активных элементов. Предложенную схему можно применять, как для нормирования плановых выпусков радиоактивных веществ в водоемы, так и для экспрес-оценки ситуации. Она может служить основой оперативного принятия решений и осуществления контрмер в случае радиационных аварий и инцидентов в отношении конкретных радионуклидов, а также прогнозирования изменения экологического состояния экосистемы. Схема открыта для дальнейших дополнений и изменений в случае применения в отношении других радиоактивных изотопов и химических токсикантов с разным типом биогеохимического поведения в экосистеме. Она ставит целый ряд вопросов, требующих дальнейшего исследования, включая оптимизацию районирования акваторий и проведение оценок количественных характеристик на синоптическом масштабе времени, учет сезонности параметров экосистем (климатических, продукционных и др.), что особенно важно в случае аварийных ситуаций.

Таблица 1

Сравнительная характеристика потоков элиминации радионуклидов плутония из водных масс Севастопольской бухты

Потоки элиминации $^{239+240}\text{Pu}$ из вод бухты					
Гидрологический		Биогеохимической седиментации		Биотический (накопление $^{239+240}\text{Pu}$ из воды макробиотой на примере многолетней массовой бурой многоклеточной водоросли цистозеры)	
кБк/год	%	кБк/год	%	кБк/год	%
23,56	0,28	8620,0	99,58	11,6	0,14

Исследования выполнены в ФГБУН ИМБИ по теме Президиума РАН НИР № 0828-2018-0007, номер гос. регистрации № АААА-А18-118020790154-2 "Суперпозиция физических, химических и биологических процессов в формировании качества морской среды и функционального состояния гидробионтов в Азово-Черноморском бассейне", а также по теме государственного задания ФГБУН ИМБИ "Молекулярно-химические и биогеохимические основы гомеостаза морских экосистем", номер гос. регистрации АААА-А18-11802089009-2.

Список литературы:

1. Поликарпов Г.Г. Морская динамическая радиохемозология / Поликарпов Г.Г., Егоров В.Н. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 176 с.
2. Егоров В.Н. Нормирование потоков антропогенного загрязнения черноморских регионов по биогеохимическим критериям // Экология моря. – 2001. – Вып. 57. – С. 75-84.
3. Polikarpov G.G. Conceptual model of responses of organisms, populations and ecosystems to all possible dose rates of ionising radiation in the environment // Radiation Protection Dosimetry. – 1998. – Vol. 75, No. 1-4. – P. 181-185.
4. Поликарпов Г.Г. Радиоэкологический отклик Черного моря на чернобыльскую аварию / Поликарпов Г. Г., Егоров В. Н., Гулин С. Б., Стокозов Н. А., Лазоренко Г. Е., Мирзоева Н. Ю., Терещенко Н. Н., Цыцугина В. Г., Кулебакина Л. Г., Поповичев В. Н., Коротков А.оА., Евтушенко Д. Б., Жерко Н. В., Малахова Л. В. / Под ред. Г. Г. Поликарпова и В. Н. Егорова. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2008. – 667 с.
5. Tereshchenko N. Levels of activity concentration, migration and dose rates on biota from alpha-radioisotopes of plutonium in the Black sea ecosystem // Diversity in the Coastal Marine Sciences: Historical Perspectives and Contemporary Research of Geology, Physics, Chemistry, Biology and Remote Sensing / Eds.:C.W. Finkl, C. Mankowski. - Dordrecht, The Netherlands: Springer, 2018. - Ch. 16. – P. 247-273.
6. Tereshchenko N.N., Gulin S.B., Proskurnin V.Yu. Distribution and migration of $^{239+240}\text{Pu}$ in abiotic components of the Black Sea ecosystems during the post-Chernobyl period / Journal of Environmental Radioactivity, 2018. – Vol. 188, P. 67-78.
7. Проскурнин В.Ю., Терещенко Н.Н., Чужикова-Проскурнина О.Д., Гулин С.Б. Геохронологическая реконструкция депонирования плутония в глубоководных донных отложениях Черного моря // Радиационная биология. Радиоэкология. 2018. – 58 (6). – С. 664-670.
8. Гулин С.Б. Определение возраста донных отложений и оценка скорости осадконакопления в прибрежных и глубоководных акваториях Черного моря с использованием природных и антропогенных радионуклидов / Гулин С.Б. Егоров В.Н., Стокозов Н.А, Мирзоева Н.Ю. // Радиоэкологический отклик Черного моря на чернобыльскую аварию. – 2008. – С. 490-518.

**COMPLEX ASSESSMENT OF ECOLOGICAL STATE OF WATER AREAS
IN RELATION TO MAN-MADE PLUTONIUM RADIONUCLIDES**

N. N. Tereshchenko

*The A.O. Kovalevsky Institute of Marine Biological Research of RAS,
Sevastopol, 299011, Russian Federation, e-mail: ntereshchenko@yandex.ru*

Abstract

The use of the biogeochemical and equidozimetric approach for the expert evaluation of the current and prognostic radioecological state of the investigated water areas with respect to man-made radioactive long-lived isotopes $^{239,240}\text{Pu}$ and their application for the purposes of ecological rationing of the $^{239,240}\text{Pu}$ input was proposed. The complex assessment takes into account not only the levels of radionuclide content in water of marine ecosystems, but also the influence of biogeochemical processes in this ecosystem on the fate of radionuclides as well as physical-chemical properties of radionuclides in both migration and radiation-ecological aspects. The opportunity of mutual transition between biogeochemical and equidozimetric criteria for the use of these parameters in the practice of managing the ecological condition of the whole body of water or their separate water areas were shown.

УДК 504.064.36:574:504.054(265.54)

**ВЗАИМНОЕ УВЕЛИЧЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ НИКЕЛЯ В МАКРОФИТАХ
И ЧИСЛЕННОСТИ МИКРООРГАНИЗМОВ-ИНДИКАТОРОВ НЕФТЯНОГО
ЗАГРЯЗНЕНИЯ В БУХТАХ КОЗЬМИНА И ВРАНГЕЛЯ
(ЗАЛ. ПЕТРА ВЕЛИКОГО, ЯПОНСКОЕ МОРЕ)**

**О.А. Тихонова¹; Н.К. Христофорова^{2,3}; О.А. Дроздовская²;
А.П. Афанасьев⁴**

¹МГУ им. адм. Г.И. Невельского, г. Владивосток, 690003, Россия,
e-mail: oldoha@mail.ru

²ДВФУ, г. Владивосток, 690920, Россия, e-mail: more301040@gmail.com

³ТИГ ДВОРАН, г. Владивосток, Россия

⁴ДВФУ, филиал в г. Находка, e-mail: aapetrovich@yandex.ru

Приведены результаты использования двух биоиндикационных методов: определение численности микроорганизмов-индикаторов нефтяного загрязнения в морской воде и использование бурых водорослей *Sargassum miyabei* и *Saccharina japonica* в качестве организмов-индикаторов загрязнения тяжелым металлом Ni.

Район работ. Отбор проб проведен в прибрежных водах бухт Козьмина и Врангеля (зал. Петра Великого), где расположены нефтеналивной терминал ООО «Транснефть – Порт Козьмино» и АО «Восточный Порт» (рис. 1).

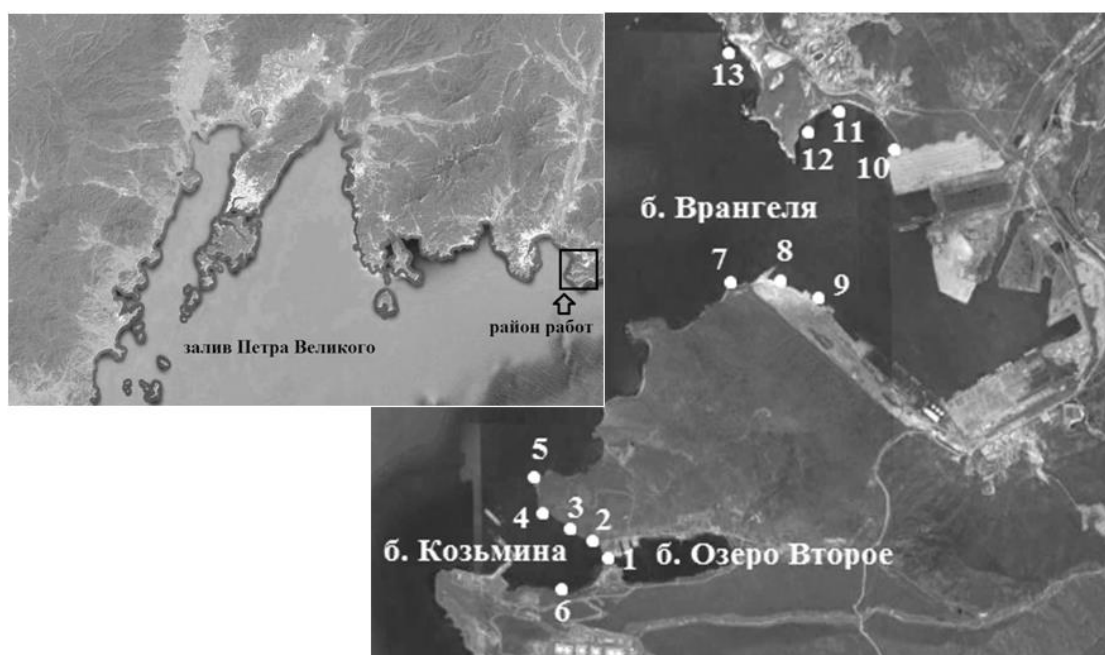


Рис. 1. Карта-схема бухт Козьмина и Врангеля зал. Петра Великого (Японское море) и мест отбора проб воды и водорослей-макрофитов

В связи с растущим спросом стран АТР на такие энергоносители как нефть, газ и уголь, Россия через порты Дальнего Востока поставляет эти ресурсы в страны-импортеры. В Приморье ключевым звеном в экспорте сибирской нефти является порт Козьмино (ООО «Транснефть – Порт Козьмино»), расположенный в самой восточной части зал. Находка в б. Козьмина – конечном пункте нефтепровода Восточная Сибирь – Тихий океан (ВСТО). Экспорт угля в страны-импортеры осуществляет мощный по грузообороту АО «Восточный Порт» (б. Врангеля) – крупнейшая стивидорная компания России, специализирующаяся на перевалке угольной продукции. Нефтепорт и угольный терминал, как составляющая топливно-энергетического ком-

плекса, относятся к экологически опасным объектам, так как являются потенциальными источниками загрязнения не только прибрежных вод, но и открытой части акватории заливов. Поэтому важно проводить мониторинг состояния как открытой части моря, так и прибрежных вод, качество которых влияет на обитателей водной среды, на продуктивность вод, а также может отразиться на здоровье жителей береговых поселений [1,2].

Материалы и методы. Среди существующих методов в оценке качества среды микробная индикация является наиболее адекватной, так как ее применение позволяет оценить степень и характер загрязнения морской воды [3]. Причина успеха этого метода в том, что микроорганизмы быстро размножаются, растут и обладают способностью утилизировать практически все органические соединения в природе благодаря широкому спектру ферментативной активности. Также они способны быстро адаптироваться к изменяющимся условиям среды обитания [4].

Микроорганизмов-индикаторов нефтепродуктов выделяли из морской воды на агаризованной среде с добавлением сырой нефти – 1%. Выделение и определение численности проводили с помощью чашечного метода Коха [5].

Выбранные макрофиты (*S. miyabei* и *S. japonica*) накапливают микроэлементы пропорционально их содержанию в среде и длительное время удерживают в слоевищах. Навески высушенных в сушильном шкафу водорослей массой 0,5 г подвергали кислотному разложению концентрированной HNO_3 в лабораторной микроволновой системе MARS в условиях автоклавирования и анализировали на содержание Ni методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии на приборе Shimadzu AA-6800 [6-8].

Корреляционный анализ (по коэффициенту Спирмена) проведен в программе SPSS Statistics.

Результаты и обсуждение. В нефтях, в том числе сибирской, которая поступает по трубопроводной системе ВСТО в б. Козьмина, содержится большой набор металлов, в числе первых из них по уровню концентрации находятся никель и ванадий [9]. Предполагается, что содержание никеля в водорослях может быть связано с присутствием нефтяных углеводородов в воде. В то же время с содержанием нефти связано наличие микроорганизмов-индикаторов нефтяного загрязнения. Поэтому важно было выяснить, изменяется ли одновременно рост содержания Ni в макрофитах и численность микроорганизмов, растущих на сырой нефти. Для выявления этого предположения был построен график рассеивания между двумя этими показателями для *S. miyabei* и *S. japonica* за все годы наблюдения (2013-2015 гг.) (рис. 2).

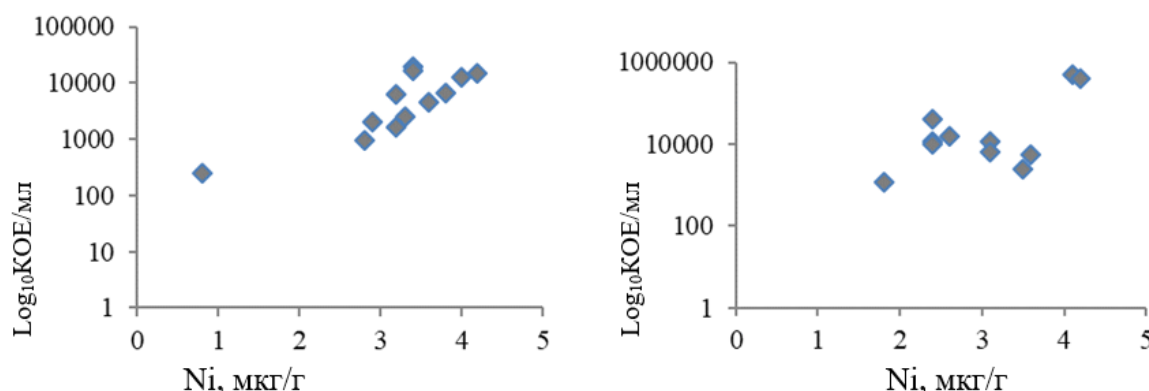


Рис.2. Рост концентраций Ni в *S. miyabei* (слева), *S. japonica* (справа) и численности микроорганизмов – индикаторов нефтяного загрязнения в прибрежных водах бухт Козьмина и Врангеля

Как выяснилось, прослеживается взаимная изменчивость между концентрациями Ni в *S. miyabei* и численностью микроорганизмов, растущих на нефти. Коэффици-

коэффициент корреляции Спирмена (r_s) равен 0,77 (при $p \leq 0,05$). В *S. japonica* эта изменчивость практически отсутствует ($r_s=0,37$, при $p \leq 0,05$). Это может означать, что при увеличении поступления углеводородов нефти возрастает содержание техногенного Ni в макрофитах.

Таким образом, показана взаимная изменчивость к росту между содержанием Ni в макрофитах и численностью микроорганизмов-индикаторов нефтяного загрязнения, что подтверждает взаимное дополнение двух биоиндикационных подходов.

Список литературы:

1. Огородникова, А.А. Эколого-экономическая оценка воздействия береговых источников загрязнения на природную среду и биоресурсы залива Петра Великого. Владивосток: ТИПРО-центр, 2001. – 193 с.
2. Патин, С.А. Нефтяные разливы и их воздействие на морскую среду и биоресурсы / С.А. Патин. – М.: Изд-во ВНИРО, 2008. – 508 с.
3. Цыбань, А.В. Индикаторная микрофлора в Балтийском море / А.В. Цыбань, Т.В. Панов, С.П. Барина // Исследование экосистемы Балтийского моря. – Л.: Гидрометеиздат. – 1990. – Вып. 3. – С. 69–83.
4. Миронов, О.Г. Взаимодействие морских организмов с нефтяными углеводородами / О.Г. Миронов. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 127 с.
5. Yoshimizu, M. Study of intestinal microflora of Salmonids / M. Yoshimizu, T. Kimura // Fish. Patol. – 1976. – V. 10. – № 2. – P. 243–259.
6. Христофорова, Н.К. Биоиндикация и мониторинг загрязнения морских вод тяжелыми металлами: монография / Н.К. Христофорова. – Л.: Наука, 1989. – 192 с.
7. Khristoforova, N.K. The use of the brown algae *Sargassum* spp. in heavy metal monitoring of the marine environment near Vladivostok, Russia / N.K. Khristoforova, S.I. Kozhenkova // Ocean and Polar Research. – 2002. – V. 2. – № 4. – P. 325–329.
8. Христофорова, Н.К. Сравнение содержания тяжелых металлов в бурых водорослях и морских травах / Н.К. Христофорова, Е.Н. Чернова // Доклад РАН. – 2005. – Т. 400, №4. – С. 571–573.
9. Яценко, И.Г. Тяжелые ванадиевые металлы России / И.Г. Яценко // Известия Томского политехнического университета. – № 1. – 2012. – С.105-111.

MUTUAL INCREASE OF NICKEL CONCENTRATION IN MACROPHYTES AND NUMBERS OF MICROORGANISMS-INDICATORS OF OIL POLLUTION IN KOZMINA AND WRANGEL BIGHTS (PETER THE GREAT BAY, SEA OF JAPAN)

O.A. Tikhonova¹; N.K. Khristoforova^{2,3}; O.A. Drozdovskaya²; A.P. Afanasev⁴

¹MSUN named after admiral G.I. Nevelskoy, Vladivostok, 690003, Russia,
e-mail: oldoha@mail.ru

²FEFU, Vladivostok, 690920, Russia, e-mail: more301040@gmail.com

³PGI FEB RAS, Vladivostok, Russia

⁴FEFU (branch of Nakhodka), e-mail: apetrovich@yandex.ru

Abstract

This article is devoted to the results of using two bioindication methods: the determination of the number of microorganisms-indicators of oil pollution in sea water and the use of brown algae *Sargassum miyabei* and *Saccharina japonica* as organisms indicating indicators of heavy metal Ni pollution.

The mutual variability to growth between Ni content in macrophytes and the number of microorganisms-indicators of oil pollution are shown. This confirms the mutual complementation of the two bioindication approaches.

РЕЗУЛЬТАТЫ МНОГОЛЕТНЕГО МОНИТОРИНГА ИХТИОФАУНЫ БЕЛОЯРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

**В.Н. Трапезникова, А.В. Коржавин, В.Н. Николкин, А.В. Трапезников,
А.П. Платаев**

*Институт экологии растений и животных Уральского отделения
Российской академии наук, г. Екатеринбург, 620144, Россия*

В связи с развитием ядерной энергетики многие водные экосистемы оказались подвержены поступлению радиоактивных веществ. Рыба, как элемент биоты, способна накапливать радионуклиды. Вместе с тем рыба является традиционным продуктом питания. Контроль уровня накопления техногенных радионуклидов в итиофауне является важным звеном в обеспечении безопасности человека.

В качестве водоема-охладителя Белоярской АЭС используется Белоярское водохранилище, которое было образовано в 1959–1963 гг. путем зарегулирования русла р. Пышмы в 75 км от ее истока. Протяженность водоема примерно 20 км, ширина – до 3 км. Зеркало водохранилища имеет площадь 47 км². Белоярское водохранилище всегда являлось излюбленным местом отдыха горожан и популярным местом любительской рыбалки. Кроме того, на водоеме функционирует рыбное хозяйство по выращиванию садкового карпа. Первый энергоблок Белоярской АЭС с канальным водографитовым реактором на тепловых нейтронах АМБ-100 был введен в эксплуатацию в 1964 г., второй – АМБ-200 – в 1967 г. В 1980 г. был пущен третий энергоблок на быстрых нейтронах. Новый 4-й энергоблок Белоярской АЭС с реактором БН-800 был сдан в промышленную эксплуатацию 31.10.16. Первые два блока с водографитовыми канальными реакторами АМБ-100 и АМБ-200 функционировали в 1964–1981 и 1967–1989 годах и были остановлены в связи с выработкой ресурса. Эксплуатация первых двух энергоблоков с водографитовыми канальными реакторами сопровождалась поступлением и накоплением во всех компонентах водоема-охладителя (включая ихтиофауну) техногенных радионуклидов ⁶⁰Со, ¹³⁴Сs, ¹³⁷Сs, ²³⁹, ²⁴⁰Рu и др. После вывода из эксплуатации первых двух энергоблоков ситуация существенно улучшилась. Объемная активность ⁶⁰Со в воде Теплового залива Белоярского водохранилища уменьшилась в 800 и более раз, а ¹³⁷Сs – более чем в 100 раз. В Промливневом канале содержание ⁶⁰Со в воде упало в 5600 раз, а объемная активность ¹³⁷Сs снизилась в 386 раз. Объемная активность ⁹⁰Sr в воде Теплового залива за рассматриваемый период уменьшилась в 5,7 раза [1]. На этом фоне большой научный и практический интерес представляет анализ изменения содержания техногенных радионуклидов в рыбе на разных этапах деятельности атомной станции.

Весь многолетний период наблюдения за ихтиофауной Белоярского водохранилища условно разбит на 4 этапа, связанные с деятельностью атомной станции. Первый этап с 1977 по 1989 гг. совпадает с работой на Белоярской АЭС первых двух энергоблоков и пуском в эксплуатацию третьего энергоблока на быстрых нейтронах БН-600. Он характеризуется максимальной радиационной нагрузкой на водоем-охладитель и более высоким содержанием радионуклидов в ихтиофауне водоема. Исследования 2011 года совпадают с периодом функционирования одного 3 энергоблока БН-600 и выводом из эксплуатации первых двух блоков. Важным звеном в работе атомной станции за последние годы стал пуск 4 энергоблока БН-800. Результаты исследования 2014 г. соответствуют предпусковым исследованиям водоема-охладителя (съёмка нулевого уровня). Результаты 2018 года характеризуют состояние ихтиофауны водоема после пуска 4 энергоблока БН-800.

Содержание техногенных радионуклидов в рыбе Белоярского водохранилища представлено в табл. 1.

Таблица 1
Содержание ^{90}Sr и ^{137}Cs в пробах рыбы Белоярского водохранилища (Бк/кг сыр. веса)

Вид рыбы	^{90}Sr , Бк/кг				^{137}Cs , Бк/кг			
	В период работы 1;2;3 блоков (1977-1989 гг.)	Период работы 3 блока (2011 г.)	Перед пуском 4 блока (2014 г.)	После пуска 4 блока (2018 г.)	В период работы 1;2;3 блоков (1977-1989 гг.)	Период работы 3 блока (2011 г.)	Перед пуском 4 блока (2014 г.)	После пуска 4 блока (2018 г.)
Плотва	4,5±0,1	3,5±0,2	3,3±0,6	3,0±0,2	155,4±12	2,4±0,2	3,5±0,3	1,4±0,1
Лещ	3,7±0,3	1,7±0,2	4,3±0,4	2,2±0,1	50 ± 3	3,2±0,2	1,9±0,1	1,5±0,1
Карп	3,3±0,3	2,9±0,1	-	-	32 ± 4	13,6±1,9	-	-
Окунь		3,2±0,2	1,9±0,3	3,1±0,2		3,4±0,1	4,7±0,4	2,4±0,1
Щука	2,1±0,2				133 ± 29			

В соответствии с действующими в Российской Федерации (РФ) гигиеническими требованиями (СанПиН 2.3.2.1078-01) [2] допустимые уровни удельной активности ^{90}Sr и ^{137}Cs в рыбе, используемой для пищевых целей, ограничиваются значениями в 100 и 130 Бк/кг соответственно.

На Белоярском водохранилище содержание радионуклидов в ихтиофауне существенно различалось как по времени исследования, так и по месту обитания рыбы. В верховьях водоема рыба в радиационном плане значительно чище и даже в период работы первых двух энергоблоков уровни содержания радиоцезия никогда не превышали санитарные нормы. Более высокое накопление ^{137}Cs было отмечено в пробах рыбы, выловленной в районе Теплого залива. Так, в 1977 году в районе Теплого залива была отловлена щука с содержанием ^{137}Cs —133 Бк/кг, а в 1980 г. в пробах плотвы установлено содержание ^{137}Cs , равное 155,4 Бк/кг. Оба показателя превышают гигиенические требования, установленные СанПиН 2.3.2.1078-01.

В соответствии с требованиями ГОСТ 32161-2013 и ГОСТ 32163-2013 [3,4] проведено определение соответствия исследованных видов рыб, как пищевых продуктов, критериям радиационной безопасности с использованием показателя соответствия B и неопределенности его определения ΔB . Значения указанных параметров рассчитываются по результатам измерений удельной активности ^{90}Sr и ^{137}Cs , используя следующие формулы:

$$B = \left(\frac{Q}{H} \right)_{\text{Sr-90}} + \left(\frac{Q}{H} \right)_{\text{Cs-137}} \quad (1)$$

$$\Delta B = \sqrt{\left(\frac{\Delta Q}{H} \right)_{\text{Sr-90}}^2 + \left(\frac{\Delta Q}{H} \right)_{\text{Cs-137}}^2} \quad (2)$$

где Q – измеренное значение удельной активности радионуклида в пробе;

H – допустимый уровень удельной активности радионуклида в испытуемом продукте (для ^{90}Sr -100 Бк/кг, для ^{137}Cs - 130 Бк/кг);

ΔQ – абсолютная расширенная (при коэффициенте охвата $k=2$) неопределенность измерения удельной активности.

Рыба в качестве пищевого продукта признается безусловно соответствующей критерию радиационной безопасности, если $(B+\Delta B) \leq 1$.

Оценка результатов с использованием критерия радиационной безопасности, представленная в табл. 2, показала, что критерий $(B+\Delta B)$ в пробах плотвы и щуки превысил значение единицы, что также свидетельствует о непригодности данной рыбы в качестве продукта питания для человека. В указанный период времени слу-

чаи накопления в рыбе повышенного количества ^{137}Cs были не единичны и представлены в более ранних работах. Так, в работе [5] показано, что уровень в 130 Бк/кг по ^{137}Cs был достигнут в плотве, отловленной в Теплом заливе в 1977 и 1980 гг. При этом следует отметить относительно стабильное содержание ^{90}Sr в рыбе на всех этапах функционирования атомной станции. Это объясняется тем, что ^{90}Sr атомной станцией в водоем-охладитель практически не сбрасывается, а его присутствие в водохранилище в основном обусловлено глобальными выпадениями.

Таблица 2

Определение показателя соответствия $B+\Delta B$ критерию радиационной безопасности рыбы Белоярского водохранилища

Река / створ	Вид рыбы	$Q_{\text{Cs-137}}$, Бк/кг	$Q_{\text{Sr-90}}$, Бк/кг	$\Delta Q_{\text{Cs-137}}$	$\Delta Q_{\text{Sr-90}}$	B	ΔB	$B+\Delta B$
В период работы 1;2;3 блоков (1977-1989 гг.)	Плотва	155,4	4,5	12	0,1	1,24	0,18	1,43
	Лещ	50	3,7	3	0,3	0,42	0,05	0,47
	Карп	32	3,3	4	0,3	0,28	0,06	0,34
	Щука	133	2,1	29	0,2	1,04	0,45	1,49
Период работы 3 блока (2011 г)	Плотва	2,4	3,5	0,2	0,2	0,05	0,01	0,06
	Лещ	3,2	1,7	0,2	0,2	0,04	0,01	0,05
	Карп	13,6	2,9	1,9	0,1	0,13	0,03	0,16
	Окунь	3,4	3,2	0,1	0,2	0,06	0,00	0,06
Перед пуском 4 блока (2014 г)	Плотва	3,5	3,3	0,3	0,6	0,1	0,0	0,1
	Лещ	1,9	4,3	0,1	0,4	0,1	0,0	0,1
	Окунь	4,7	1,9	0,4	0,3	0,06	0,01	0,06
После пуска 4 блока (2018 г)	Плотва	1,4	3,0	0,1	0,2	0,04	0,00	0,05
	Лещ	1,5	2,2	0,1	0,1	0,03	0,00	0,04
	Окунь	2,4	3,1	0,1	0,2	0,05	0,00	0,05

Таким образом, на ранних этапах работы атомной станции были возможны случаи накопления в рыбе водоема-охладителя техногенных радионуклидов в количествах, превышающих санитарно-гигиенические нормативы. В последующие годы радиационное состояние водоема существенно улучшилось, что также повлияло на снижение уровня содержания радионуклидов в рыбе. Это стало возможно под влиянием ряда факторов. Во-первых, вывод из эксплуатации 1 и 2 блоков Белоярской АЭС. Во-вторых, как результат работы в большом временном диапазоне механизмов самоочищения водной экосистемы от радионуклидов за счет распада радиоактивных веществ, а также механизмов перераспределения радионуклидов из воды в другие компоненты, прежде всего – в донные отложения. Результаты исследования 2011 года подтверждают значительное ($p \leq 0,05$) снижение содержания ^{137}Cs во всех исследованных видах рыбы.

После 2011 г. случаев превышения содержания в рыбе радионуклидов также больше не наблюдалось. Пуск в эксплуатацию 4 энергоблока БН-800 не оказал отрицательного влияния на накопление техногенных радионуклидов в рыбе водоема. Во всех исследованных видах рыбы содержание ^{90}Sr и ^{137}Cs было ниже требований СанПиН 2.3.2.1078-01, а критерий ($B+\Delta B$) значительно ниже единицы (табл. 2). В настоящее время рыба Белоярского водохранилища полностью соответствует санитарно-гигиеническим требованиям по радиационному фактору и безопасна при употреблении в пищу.

Отбор проб материала из водоема-охладителя, пробоподготовка и измерение концентраций ^{137}Cs и ^{90}Sr в рыбе, а также интерпретация результатов выполнены в рамках государственного задания Института экологии растений и животных УрО РАН. Подготовка публикации и участие в конференции выполнены при финансовой поддержке проекта Комплексной программы УрО РАН № 18-9-4-9.

Список литературы:

1. Трапезников А.В., Трапезникова В.Н., Коржавин А.В. Динамика радиоэкологического состояния пресноводных экосистем, подверженных многолетнему воздействию атомной электростанции в границах наблюдаемой зоны // Радиационная биология. Радиоэкология. 2015. Т. 55, № 3. С. 302–313.
2. СанПиН 2.3.2.1078-01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов // Санитарно – эпидемиологические правила и нормы СанПиН 2.3.2.1078 – 01. М., 2001. С.13-35.
3. ГОСТ 32161-2013. Продукты пищевые. Метод определения содержания цезия Cs-137. М.: Стандартинформ, 2013. 6 с.
4. ГОСТ 32163-2013. Продукты пищевые. Метод определения содержания стронция Sr-90. М.: Стандартинформ, 2013. 12 с.
5. Трапезникова В.Н., Трапезников А.В., Куликов Н.В. Накопление ^{137}Cs в промысловых рыбах водоема-охладителя Белоярской АЭС //Экология. 1984. №6. С.86-88.

**RESULTS OF LONG -TERM ICHTHYOFAUNA MONITORING
OF THE BELOYARSKIY WATER RESERVOIR**

V.N. Trapeznikova, A.V. Korzhavin, V.N. Nikolkin, A.V. Trapeznikov, A.P. Plataev

*Federal State budget science establishment Institute of Plant and Animal Ecology,
Russian Academy of Science, Ural branch, 620144, Ekaterinburg, Russia*

Abstract

In connection with the development of nuclear energy, many aquatic ecosystems have been exposed to radioactive substances. Fish, as an element of biota, is capable to accumulate radionuclides. However, fish is a traditional food. The control of the technogenic radionuclides accumulation level in the ichthyofauna is an important link in ensuring human security. In the period from 1977 to 1989 in the Beloyarsk pond the accumulations of technogenic radionuclides in fish in quantities exceeding sanitary and hygienic standards were possible. Currently, the fish of the Beloyarsky pond fully complies with the sanitary and hygienic requirements for the radiation factor and is safe for human consumption.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ МОНИТОРИНГА УСЛОВИЙ МОРСКОЙ СРЕДЫ В МОРЯХ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА

А.Г. Трофимов, А.Л. Карсаков, Е.В. Сентябов

Полярный филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» («ПИНРО» им. Н.М. Книповича), г. Мурманск, 183038, Россия, e-mail: trofimov@pinro.ru

За многолетний период экспедиционных наблюдений в морях Европейского Севера, включая Баренцево, Норвежское, Белое моря и сопредельные воды, в Полярном научно-исследовательском институте морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н.М. Книповича (ПИНРО) был накоплен большой массив данных о состоянии морской среды. С 1951 по 2018 г. выполнено свыше 300 тыс. океанографических станций (рис. 1). Эти данные позволили установить ряд важных особенностей влияния условий среды на формирование первичной продуктивности, функционирование зоопланктона и бентоса, урожайность поколений и биологические характеристики гидробионтов, миграции и распределение промысловых объектов [1, 2, 3, 4, 5].

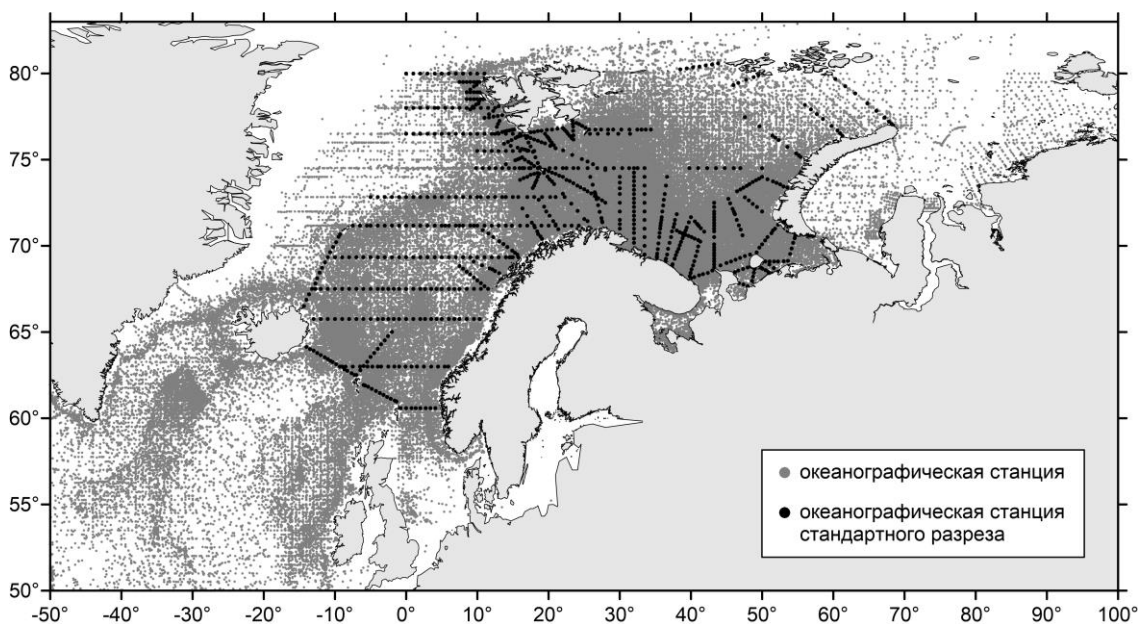


Рис. 1. Положение океанографических станций и стандартных океанографических разрезов, выполнявшихся в морях Европейского Севера и смежных водах в период с 1951 по 2018 г. (имеющихся в базе данных ПИНРО)

В ходе выполнявшихся морских исследований особое внимание всегда уделялось наблюдениям на стандартных разрезах (см. рис. 1 и 2), данные с которых в настоящее время являются основным источником современных знаний об особенностях сезонных и межгодовых изменений океанографического режима морей [6, 7]. Это позволяет осуществлять мониторинг климатообразующих факторов и использовать полученные данные для разработки долгосрочных температурных, ледовых и рыбопромысловых прогнозов [1]. В Баренцевом море океанографические исследования на стандартных разрезах имеют довольно большую историю, а ряд наблюдений на разрезе «Кольский меридиан» является уникальным, поскольку он имеет не только почти 120-летнюю историю наблюдений, являясь одним из самых длинных рядов в мире, но и достаточно высокое временное разрешение [7].

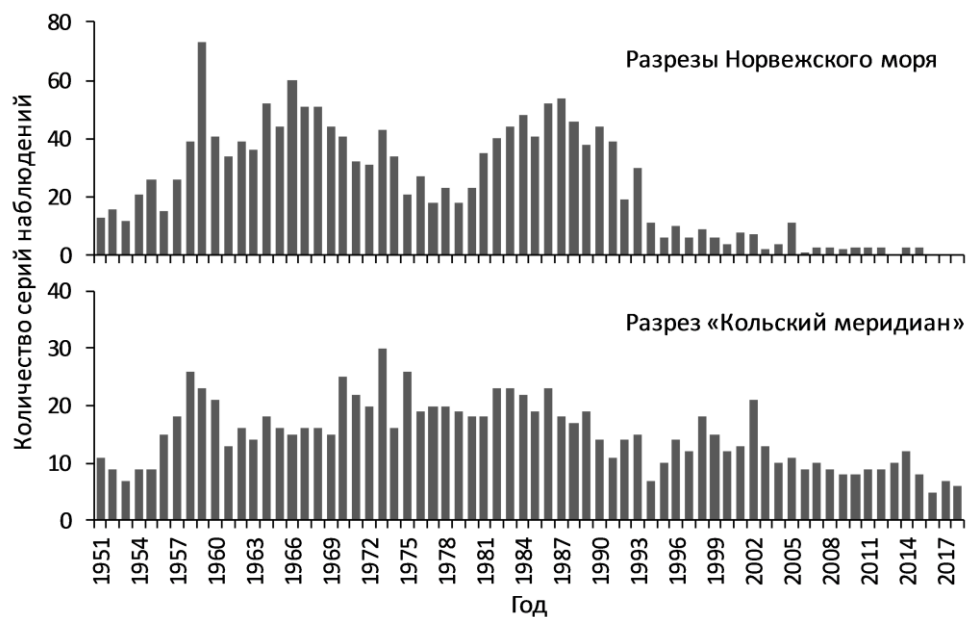


Рис. 2. Количество серий наблюдений на стандартных разрезах Норвежского моря (сверху) и разрезе «Кольский меридиан» Баренцева моря (снизу), выполненных ПИНРО в 1951–2018 гг.

С 1951 по 1991 г. в Баренцевом море и смежных водах ежегодно выполнялось в среднем 3,5 тыс. океанографических станций. В 1992–2015 гг. этот показатель снизился почти в 2 раза, до 1,9 тыс. станций (рис. 3), но даже такой объем наблюдений обеспечивал потребности мониторинга морской среды и позволял проводить анализ пространственно-временной изменчивости океанографических условий. Однако, в 2016 г. объем наблюдений, проводимых научными судами ПИНРО в Баренцевом море и сопредельных водах, достиг абсолютного минимума с 1946 г. Резкое уменьшение океанографических наблюдений в 2016–2018 гг. крайне негативно отразилось на анализе пространственно-временной изменчивости океанографических условий, а значительное сокращение наблюдений на разрезе «Кольский меридиан» (см. рис. 2) и, как результат, возникшие продолжительные пропуски в его рядах (например, отсутствие наблюдений в течение целого года с июня 2016 г. по май 2017 г. включительно) поставили под угрозу существование этих рядов и всех многолетних наработок по долгосрочному прогнозированию теплового состояния вод в этом районе [7].

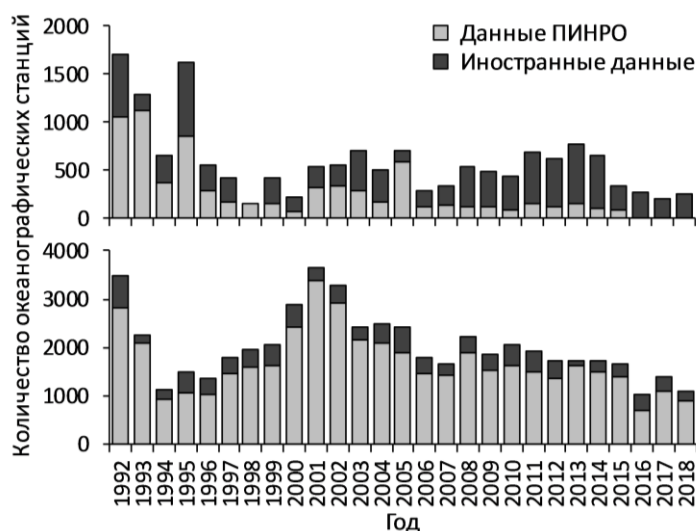


Рис. 3. Количество океанографических станций, выполненных в 1992–2018 гг. ПИНРО и иностранными институтами в Норвежском море и Северо-Восточной Атлантике (сверху), а также в Баренцевом, Карском и Белом морях (снизу)

В Норвежском море с 1951 по 1991 г. только на стандартных разрезах, без учета притраловых станций, на судах ПИНРО ежегодно выполнялось около 600 станций. После 1991 г., как и в Баренцевом море, объем исследований сократился, но уже в 3,5 раза [1], а с 2016 г. отечественные исследования в Норвежском море прекратились совсем (см. рис. 3), и натурные данные о температуре и солености на его акватории поступают в ПИНРО только из иностранных институтов в рамках международного обмена по итогам летних международных экосистемных съемок в Северных морях.

Сложившаяся в последние годы ситуация с отечественными океанографическими наблюдениями в северных морях вызывает крайнюю обеспокоенность, поскольку устойчивый мониторинг условий морской среды необходим не только для изучения океанографического режима, изменений климата и их влияния на морские экосистемы, но и для эффективного ведения морской хозяйственной деятельности, особенно в условиях современного беспрецедентного потепления климата в Арктике.

Последние десятилетия характеризовались значительным увеличением температуры воды в северных морях и сокращением ледового покрова [8, 9, 10, 11]. Большие акватории Баренцева, Карского морей и моря Лаптевых стали доступными для проведения экспедиционных исследований, ранее затрудненных из-за наличия постоянного ледового покрова. Сохраняющаяся тенденция на потепление Арктики [10] существенно увеличивает промысловую значимость северных и северо-восточных окраин Баренцева моря, которые будут приобретать все большее значение в формировании сырьевой базы промышленного рыболовства, и создает реальную возможность хозяйственного освоения дополнительной сырьевой базы в Карском море. Климатические изменения уже оказали заметное влияние на пространственное распределение основных промысловых объектов и на районы их лова [12].

Также немаловажен вопрос научно-информационного сопровождения разработки расположенных на континентальном шельфе РФ месторождений углеводородного сырья, являющихся основным резервом развития минерально-сырьевого комплекса России на средне- и долгосрочную перспективу. По официальным оценкам Министерства природных ресурсов и экологии РФ [13], на Баренцево и Карское моря приходится около 67 % ресурсов углеводородов всего континентального шельфа России, потенциальные запасы которого составляют около 100 млрд т условного топлива (13,5 млрд т нефти и 73 трлн кубометров газа).

Однако, морская добыча и транспортировка нефти связаны с риском аварий и загрязнения окружающей среды, что вызывает оправданную тревогу за будущее состояние экосистем северных морей и их биоресурсов. Одним из условий эффективной реализации проектов по геологическому изучению недр является проведение работ по мониторингу состояния окружающей среды районов, затрагиваемых намечаемой хозяйственной деятельностью. Результаты таких исследований позволяют оценить состояние экосистемы и получить необходимые и достаточные сведения об условиях окружающей среды в этих районах для обоснования намечаемой деятельности по геологическому изучению недр, оценки возможного воздействия геологоразведочных работ на окружающую среду и, в перспективе, для выработки мер по минимизации неблагоприятного воздействия на окружающую среду. При этом особое внимание уделяется сохранению водных биоресурсов, имеющих большое значение как для экосистемы водного объекта, так и для интересов рыбохозяйственной отрасли России. Особенно это актуально для арктических экосистем, которые, по сравнению с экосистемами морей умеренных широт, более уязвимы к антропогенным воздействиям, легче разрушаются и очень медленно восстанавливаются, что обусловлено существованием здесь коротких пищевых цепей и низкими температурами, которые обуславливают низкую интенсивность разрушения химических загрязнителей.

ПИНРО, обладая большим объемом информации о состоянии окружающей среды и биоты российской части шельфа Баренцева и Карского морей, активно использует эти знания в рамках экологического мониторинга окружающей среды в районах намечаемой или уже осуществляемой хозяйственной деятельности в целях снижения рисков возникновения аварийных ситуаций и антропогенного воздействия на окружающую среду и водные биоресурсы [14].

Учитывая влияние изменений климата на функционирование морских экосистем и высокую степень их уязвимости при разведке и добыче углеводородов, а также принимая во внимание современное продолжающееся потепление Арктики [3, 4, 8, 9, 10, 11, 12], крайне важно продолжать мониторинг условий морской среды в целях изучения закономерностей и особенностей изменения климата в важных с точки зрения хозяйственной деятельности морях Европейского Севера.

Список литературы:

1. Карсаков А.Л. Температура поверхности Северной Атлантики и долгосрочное прогнозирование абиотических и биотических параметров экосистемы Северного бассейна / А.Л. Карсаков, Е.В. Сентябов, Ю.А. Бочков // Мат. отчетной сессии ПИНРО по итогам научно-исслед. работ в 1998–1999 гг. – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2000. – Ч. 1. – С. 188–199.
2. Педченко А.П. Пространственно-временные изменения абиотических факторов и их влияние на биолого-промысловые показатели Северного бассейна в 2003–2004 гг. / А.П. Педченко, В.А. Боровков, В.В. Гузенко, А.Л. Карсаков, С.Е. Лободенко, Е.В. Сентябов // Вопросы промысловой океанологии. – 2005. – Вып. 2. – С. 101–125.
3. Loeng H. An overview of the ecosystems of the Barents and Norwegian Seas and their response to climate variability / H. Loeng, K. Drinkwater // Deep-Sea Research II. – 2007. – Vol. 54. – P. 2478–2500.
4. The Barents Sea – Ecosystem, resources, management. Half a century of Russian-Norwegian cooperation. Ed. T. Jakobsen, V.K. Ozhigin. – Trondheim: Tapir Academic Press, 2011. – 825 pp.
5. Состояние биологических сырьевых ресурсов Баренцева и Белого морей и Северной Атлантики в 2019 г. – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2019. – 139 с.
6. Терещенко В.В. Сезонные и межгодовые изменения температуры и солёности воды основных течений на разрезе «Кольский меридиан» в Баренцевом море / В.В. Терещенко. – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 1997. – 71 с.
7. Карсаков А.Л. Восстановление данных по температуре воды на разрезе «Кольский меридиан» в 2016–2017 гг. / А.Л. Карсаков, А.Г. Трофимов, В.А. Ившин, М.Ю. Анциферов, Д.В. Густоев, А.С. Аверкиев // Труды ВНИРО. – 2018. – Т. 173. – С. 193–206.
8. Ingvaldsen R. Climate variability in the Barents Sea during the 20th century with a focus on the 1990s / R. Ingvaldsen, H. Loeng, G. Ottersen, B. Ådlandsvik // ICES Marine Science Symposia. – 2003. – Vol. 219. – P. 160–168.
9. Алексеев Г.В. Изменения климата в морской Арктике в начале XXI века / Г.В. Алексеев, Н.Е. Иванов, А.В. Пнюшков, А.А. Балакин // Проблемы Арктики и Антарктики. – 2010. – № 3 (86). – С. 22–34.
10. ICES Report on Ocean Climate 2016 / C. González-Pola, K.M.H. Larsen, P. Fratantoni, A. Beszczynska-Möller, S.L. Hughes (Eds) // ICES Cooperative Research Report. – 2018. – No. 339. – 110 pp.
11. Трофимов А.Г. Изменения климата в Баренцевом море на протяжении последнего полувека / А.Г. Трофимов, А.Л. Карсаков, В.А. Ившин // Труды ВНИРО. – 2018. – Т. 173. – С. 79–91.
12. Interim Report of the Working Group on the Integrated Assessments of the Barents Sea (WGIBAR) // ICES CM 2018/IEASG:04. – 2018. – 210 pp.

13. Стратегия изучения и освоения нефтегазового потенциала континентального шельфа Российской Федерации на период до 2020 г. // Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации [Официальный сайт]. URL: <http://www.mnr.gov.ru/regulatory/detail.php?ID=134216>.
14. Побережье Восточного Мурмана: экологические исследования районов реализации Штокмановского проекта. – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2009. – 236 с.

**CURRENT STATUS OF MONITORING MARINE ENVIRONMENT
CONDITIONS IN THE NORDIC SEAS**

A.G. Trofimov, A.L. Karsakov, E.V. Sentyabov

*Polar Branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography
(«PINRO» named after N.M. Knipovich), Murmansk, 183038, Russia,
e-mail: trofimov@pinro.ru*

Abstract

Knipovich Polar Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography has been carrying out oceanographic observations in the Nordic Seas for a long period (more than 300 000 stations from 1951 to 2018). The observations along standard oceanographic sections are the most important. The Kola Sections is one the longest series in the world – this unique section has been sampling since May 1900. Unfortunately, the number of observations has a strong tendency to decrease, especially in the last years. This situation is a matter of concern, since sustainable monitoring of marine environment is necessary not only to study oceanographic conditions, climate changes and their impact on marine ecosystems, but also to conduct marine economic activity effectively, especially in the context of the current climate warming in the Arctic.

ЭКОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ И КОМПЛЕКСНОЕ УПРАВЛЕНИЕ АГРОЛАНДШАФТАМИ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ

**И.А. Трофимов¹, В.М. Косолапов¹, Л.С. Трофимова¹, Е.П. Яковлева¹,
Ю.М. Семенов², Н.В. Лямина³**

¹ФГБНУ «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса», г. Лобня, 141055, Россия, e-mail: viktrofi@mail.ru

²ФГБУН Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, г. Иркутск, 664033, Россия, e-mail: yumsetenov@mail.ru

³ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», Институт ядерной энергии и промышленности, г. Севастополь, 299033, Россия, e-mail: burmistrovan@mail.ru

Современная стратегия развития АПК предполагает разработку и освоение дифференцированных систем земледелия и растениеводства, максимально адаптированных к конкретным агроклиматическим, ландшафтным, экологическим, почвенным, растительным, социальным и экономическим условиям агроэкосистем территорий разных уровней. Решение проблемы интенсификации сельского хозяйства, должно базироваться на максимальном использовании природно-климатических ресурсов, географических, экологических и биологических закономерностей [1–7].

В Федеральном научном центре кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса разработано агроландшафтно-экологическое районирование природных кормовых угодий Восточно-Сибирского природно-экономического района Российской Федерации (масштаб 1 : 2 500 000). Районирование природных кормовых угодий (ПКУ) выполнено на основе разработанной ВНИИ кормов методики агроландшафтно-экологического районирования кормовых угодий, методик эколого-географического анализа, ландшафтно-экологического баланса, разработанных в МГУ и ИГ РАН, с использованием материалов агроклиматического, природно-сельскохозяйственного, ландшафтно-экологического, почвенно-экологического, биогеохимического районирований, ландшафтных, экологических, эколого-географических, почвенных и геоботанических карт, данных государственного земельного учета, фондовых материалов, статистических данных МСХ РФ и Росстата. Используются также результаты предыдущих районирований природных кормовых угодий страны и фондовые материалы ВНИИ кормов, данные Федеральной службы земельного кадастра России [8–17].

В состав Восточно-Сибирского природно-экономического района, площадь которого составляет 415504,2 тыс. га, входят Республики Бурятия, Тыва, Хакасия, Забайкальский и Красноярский края, Иркутская область.

На территории Восточно-Сибирского природно-экономического района выделено 136 единиц районирования, в том числе, 11 крупных (Арктическая зона, Аркто-тундровая зона, зона Тундры и лесотундры, Северотаежная, Среднетаежная, Южно-таежная, Лиственнолесная, Лесостепная, Степная и Сухостепная зоны и Горные территории), 34 средних (22 равнинных и 12 горных провинций) и 91 мелких (49 равнинных и 42 горных округа).

В структуре земельных угодий Восточно-Сибирского природно-экономического района преобладают леса и лесные насаждения, не входящие в лесной фонд, на их долю приходится 62% площади района. Болота занимают 7%, под водой находится 4%, менее 0,5% в сумме занимают земли застройки, под дорогами и нарушенные, 22% приходится на прочие земли, по данным на 01.01.2017 г. [18]. Сельскохозяйственные угодья занимают около 6% площади Восточно-Сибирского природно-

экономического района, при этом 2% занимает пашня, 4% приходится на сенокосы и пастбища

Доля сельскохозяйственных угодий в структуре земель значительно различается по субъектам Федерации – наибольшая она в Республике Хакасия (31%), несколько ниже в Республике Тыва и Забайкальском крае (18–23%), еще меньше в Республике Бурятия (9%), а в Красноярском крае и Иркутской области сельскохозяйственные угодья занимают лишь 2–4% от общей площади этих регионов.

Структура сельскохозяйственных угодий существенно различается по субъектам федерации. В Красноярском крае и Иркутской области преобладают пахотные угодья, на долю которых приходится 57–62% площади сельскохозяйственных угодий. В Республиках Бурятия, Тыва, Хакасия и в Забайкальском крае 61–91% площади сельскохозяйственных угодий занимают природные кормовые угодья, при этом площадь пастбищ в 2,6–6,4, а в Тыве в 45 раз превышает площадь сенокосов. Наибольшие площади ПКУ находятся в Республике Тыва и в Забайкальском крае (3,5–6,2 млн га), где они занимают 14–20% площади региона, наименьшие площади ПКУ – в Иркутской области (1,0 млн га), где на их долю приходится 2% площади региона. Следует отметить, что если в большинстве регионов площадь залежи в несколько раз уступает площади пашни, то в Тыве площадь залежи лишь в 1,3 раза меньше площади пашни, а в Забайкальском крае почти в 2 раза превышает ее.

Экологическое состояние агроландшафтов Восточно-Сибирского природно-экономического района во многом определяет особенности их функционирования, продуктивность, развитие негативных процессов и перспективы рационального природопользования.

Анализ состояния земель Восточно-Сибирского природно-экономического района (с использованием данных Федеральной службы земельного кадастра России, на 01.01.2006) дает представление о значительном развитии на сельскохозяйственных угодьях негативных процессов. Наибольшее значение из них для сельскохозяйственных угодий Восточно-Сибирского природно-экономического района имеют дефляционная и эрозионная опасность (21%), наличие больших площадей кислых почв (16%), каменистость (5%), а также переувлажненность и заболоченность (5%).

Значительно активизировалось зарастание лесом и кустарником, покрытие кочками в связи с неиспользованием или недостаточным использованием сельскохозяйственных угодий. Эти негативные процессы, в зависимости от степени их проявления, снижают продуктивность, качество и запасы корма на природных кормовых угодьях, затрудняют их использование и улучшение. Основными причинами деградации сенокосов и пастбищ являются неправильное их использование и отсутствие ухода или недостаточный уход за ними.

При разведении скота следует учитывать недостаток или избыток тех или иных химических элементов и их соотношение в почве и растениях с целью предотвращения болезней животных [19].

Список литературы:

1. Семёнов Ю.М. Ландшафтное планирование – прикладной раздел комплексной физической географии // География и природные ресурсы. 2017. № 4. С. 13–18.
2. Лысанова Г.И., Семенов Ю.М. Агроландшафтные исследования для устойчивого развития земледелия южных районов Сибири // В сб.: Ландшафтоведение: теория, методы, ландшафтно-экологическое обеспечение природопользования и устойчивого развития материалы XII Международной ландшафтной конференции. 2017. С. 73–76.
3. Семенов Ю.М. Ландшафтное картографирование для целей региональной политики природопользования // В сб.: Современное ландшафтно-экологическое состояние и проблемы оптимизации природной среды регионов Материалы XIII Международной ландшафтной конференции, посвященной столетию со дня

- рождения Ф.Н. Милькова. В 2-х томах. Под редакцией В.Б. Михно. – Воронеж, ВГУ, 2018. – С. 49–50.
4. Трофимов И.А. Методологические основы аэрокосмического картографирования и мониторинга природных кормовых угодий. – М.: Россельхозакадемия, 2001. – 74 с.
 5. Трофимов И.А., Трофимова Л.С., Яковлева Е.П. Оценка агроландшафтов, вызовы их мониторинга и управления в России / В сб.: Новые методы и результаты исследований ландшафтов в Европе, Центральной Азии и Сибири. Монография. В 5 томах. – Москва, 2018. – С. 36–41.
 6. Трофимов И.А., Трофимова Л.С., Яковлева Е.П. Проблемы агроэкологии и агроландшафтоведения / В сб.: Агроэкология, мелиорация и защитное лесоразведение. Материалы Международной научно-практической конференции. 2018. – С. 543–547.
 7. Трофимов И.А., Трофимова Л.С., Яковлева Е.П. Современный метод системного подхода к исследованию агроэкосистем и агроландшафтов / В сб.: Современное ландшафтно-экологическое состояние и проблемы оптимизации природной среды регионов. Материалы XIII Международной ландшафтной конференции, посвященной столетию со дня рождения Ф.Н. Милькова. В 2-х томах. Под редакцией В.Б. Михно. 2018. – С. 271–272.
 8. Кочуров Б. И. География экологических ситуаций (экодиагностика территорий). М.: ИГ РАН, 1997. 132 с.
 9. Николаев В. А. Основы учения об агроландшафтах // Агроландшафтные исследования. Методология, методика, региональные проблемы. М.: Изд-во Моск. унта, 1992. С. 4–57.
 10. Карта почвенно-экологического районирования Восточно-Европейской равнины. 1: 2 500 000. / Под ред. Г. В. Добровольского, И. С. Урусевской. М.: МГУ, ф-т почвоведения, 1997. 4 л.
 11. Природно-сельскохозяйственное районирование земельного фонда СССР. Карта 1:8 000 000 / МСХ, ГИЗР. М.: ГУГК, 1984. 1 л.
 12. Природно-сельскохозяйственное районирование и использование земельного фонда СССР / Под ред. А. Н. Каштанова. М.: Колос, 1983. 336 с.
 13. Шашко Д. И. Агроклиматические ресурсы СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1985. 247 с.
 14. Эколого-географическая карта Российской Федерации. 1: 4 000 000. М.: ФСГК, 1996. 4 л.
 15. Национальный атлас почв Российской Федерации. М.: Астрель: АСТ, 2011. 632 с.
 16. Отчет о законченных научно-исследовательских работах в 1980 году, том 1. М.: МСХ СССР, ВНИИ кормов, 1981. (Рукопись). С. 16–206.
 17. Земельный фонд Российской Федерации на 1 января 2006 года / Росземкадастр, ФКЦ "Земля". М.: Росземкадастр, 2006. 230 с.
 18. Сведения о наличии и распределении земель в Российской Федерации на 01.01.2017 (в разрезе субъектов Российской Федерации) [Электронный ресурс]. URL: <https://rosreestr.ru/site/activity/sostoyanie-zemel-rossii/gosudarstvennyy-natsionalnyy-doklad-o-sostoyanii-i-ispolzovanii-zemel-v-rossiyskoy-federatsii> (дата обращения 25.12.2017).
 19. Ковальский В. В. Проблемы биогеохимии микроэлементов и геохимической экологии. Избранные труды. М.: Россельхозакадемия, 2009. 357 с.

**ECOBIOLOGICAL PROBLEMS AND COMPLEX MANAGEMENT OF
EASTERN SIBERIA AGROLANDSHAFTS**

**I.A. Trofimov¹, V.M. Kosolapov¹, L.S. Trofimova¹, E.P. Yakovleva¹,
Yu.M. Semenov², N.V. Lyamina³**

¹*Federal Williams Research Center of forage Production and Agroecology,
Lobnya, 141055, Russia, e-mail: viktrofi@mail.ru.*

²*Sochava Geography Institute Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences,
Irkutsk, 664033, Russia, e-mail: yumsemenov@mail.ru*

³*Sevastopol State University, Institute of Nuclear Energy and Industry,
Sevastopol, 299033, Russia, e-mail: burmistrovan@mail.ru*

Abstract

The article gives an assessment of the condition of agricultural landscapes of the East Siberian natural and economic region. This region includes the Republic of Buryatia, Tuva, Khakassia, Transbaikal and Krasnoyarsk Krai, Irkutsk Region. The zoning of natural grasslands of the East Siberian natural-economic area using materials agroclimatic, natural and agricultural, ecological landscape, soil-ecological, biogeochemical zoning, landscaping, environmental, ecological and geographical, soil and geobotanical maps, data of state land registration, library materials, statistical data, Ministry of Agriculture of the Russian Federation and the Federal State Statistics Service.

ЭКОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ И СОХРАНЕНИЕ ОРНИТОФАУНЫ В СТЕПНЫХ АГРОЛАНДШАФТАХ РОССИИ

Л.С. Трофимова¹, И.А. Трофимов¹, М.Л. Опарин², О.С. Опарина²

¹ФГБНУ «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса», г. Лобня, 141055, Россия, e-mail: viktrofi@mail.ru

²ФГБУН Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН. Саратовский филиал, г. Саратов, 410028, Россия, e-mail: otis07@mail.ru

В минувшем столетии в подзоне сухих степей Заволжья произошли значительные изменения орнитокомплексов степных местообитаний в результате антропогенной трансформации ландшафтов и спонтанной динамики ареалов и численности птиц, происходящих, скорее всего, в связи с изменением климата [1–5, 7].

Материалы, полученные в результате ретроспективного анализа орнитокомплекса кампофилов и гнездящихся на земле дендрофилов, а также наши данные о современном состоянии этой группы видов приведены в таблице 1.

Таблица 1

Список видов птиц, гнездящихся на земле
в фоновых местообитаниях сухой степи Заволжья

Виды птиц	Обилие видов птиц	
	В начале и середине XX столетия	В конце XX столетия
Виды, увеличившие обилие		
<i>Circus pygargus</i> –и	С	Д
<i>Emberiza hortulana</i> –и	С	Д
<i>Alauda arvensis</i> –с	С	Д
<i>Emberiza schoeniclus</i> –и	Р	С
<i>Sylvia communis</i> –л	Р	С
<i>Circus aeruginosus</i> –и	Р	С
<i>Saxicola rubetra</i> –л	Р	С
<i>Hippolais caligata</i> –н	Р	С
<i>Anthropoides virgo</i> –с	О	Р
<i>Motacilla citreola</i> –и	О	У
<i>Saxicola torquata</i> –л	О	У
<i>Emberiza calandra</i> –с	О	У
<i>Emberiza bruniceps</i> –с	О	У
13 видов (и-5, л-3, с-4, н-1)		
Виды, не изменившие обилие		
<i>Motacilla flava</i> –и	С	С
<i>Motacilla lutea</i> –и	С	С
<i>Asio flammeus</i> –и	С	С
<i>Coturnix coturnix</i> –с	С	С
<i>Otis tarda</i> –с	С	С
<i>Vanellus vanellus</i> –и	С	С
<i>Galerida cristata</i> –н	Р	Р
7 видов (и-4, с-2, н-1)		

Виды птиц	Обилие видов птиц	
	В начале и середине XX столетия	В конце XX столетия
Виды, уменьшившие обилие		
<i>Oenanthe isabellina</i> – <i>n</i>	Д	С
<i>Tetrax tetrax</i> – <i>c</i>	Д	Р
<i>Grus grus</i> – <i>ш</i>	Р	О
<i>Perdix perdix</i> – <i>c</i>	Д	С
<i>Crex crex</i> – <i>ш</i>	С	Р
<i>Chettusia gregaria</i> – <i>c</i>	С	О
<i>Glareola nordmanni</i> – <i>c</i>	С	У
<i>Numenius arquata</i> – <i>ш</i>	С	Р
<i>Burhinus oedicnemus</i> – <i>n</i>	С	У
<i>Calandrella brachydactyla</i> – <i>n</i>	Д	Р
<i>Calandrella rufescens</i> – <i>n</i>	С	Р
<i>Melanocorypha yeltoniensis</i> – <i>c</i>	Д	О
<i>Melanocorypha leucoptera</i> – <i>c</i>	С	Р
<i>Melanocorypha calandra</i> – <i>c</i>	С	Р
<i>Anthus campestris</i> – <i>c</i>	С	Р
<i>Oenanthe oenanthe</i> – <i>ш</i>	С	Р
<i>Oenanthe plechanka</i> – <i>n</i>	Р	О
<i>Circus macrourus</i> – <i>c</i>	Д	У
<i>Circus cyaneus</i> – <i>ш</i>	Р	О
<i>Aquila nipalensis</i> – <i>c</i>	С	О
<i>Haliaeetus leucoryphus</i> – <i>n</i>	У	О
<i>Falco naumanni</i> – <i>c</i>	Р	О
22-вида (5-ш, 11-с, 6-н)		
Всего видов	37	34

Примечание: Д – доминантный, С – субдоминантный, Р – редкий, У – уникальный, О – отсутствует; л – лесной, ш – широко распространенный, с – степной, н – пустынный (типизация видов на степные и т.п. приведена по Б.К. Штегману [8], с нашими дополнениями). Названия птиц даны по Л.С. Степаняну [6]

Из данных, указанных в таблице, следует, что в подзоне сухих степей увеличили свою численность 13 гнездящихся на земле видов: из них 38,5% – широко распространенные, 23,1% – лесные, 30,7% – степные, 7,7 – пустынные; не изменили численность 7 видов: 57,1% – широко распространенные, 28,6% – степные, 14,3% – пустынные; сократили численность 22 вида: 22,7% – широко распространенные, 50,0% – степные, 27,3% – пустынные.

От начала к концу XX столетия из гнездящихся на земле 42 видов птиц в подзоне сухих степей Заволжья сократили численность и в некоторых случаях исчезли на гнездовании 22 вида, подавляющее большинство из них являются представителями степного и пустынного фаунистических комплексов. Увеличили численность, а в некоторых случаях вновь появились на описываемой территории 13 видов птиц, среди них более половины относятся к лесному фаунистическому комплексу, а вместе с широко распространенными они составляют две трети обитающих здесь видов. Не изменили численность всего 7 видов, из них 4 вида являются широко распространенными.

В начале XX века на описанной территории в степных местообитаниях зафиксировано 37 видов наземногнездящихся птиц. Среди них широко распространенные виды составляли 34,2%, лесные – 5,3%, степные – 36,8%, пустынные – 23,7%. В конце века здесь же зафиксировано 34 таких вида. Из них к широко распространенным относится 34,4%, к лесным – 8,6%, к степным – 40,0%, к пустынным – 17,1%.

Организация земледелия, растениеводства и животноводства в агроэкосистемах и агроландшафтах наиболее целесообразна на принципах функционирования естественных экосистем, гармонизации отношений природы и человека.

Установлено, что чем разнообразнее условия окружающей среды в данном регионе, агроландшафты и агроэкосистемы (климат, рельеф, гидрология, почвы, растительность, сельскохозяйственная деятельность), тем богаче видовой состав их орнитофауны.

Биоразнообразие, экологическое и ландшафтное разнообразие, это механизмы, созданные природой в процессе эволюции и развития, которые определяют устойчивость территорий к изменениям природно-климатических условий и негативным процессам.

Список литературы:

1. Опарин М.Л., Опарина О.С. Динамика населения наземногнездящихся птиц в ходе залежной сукцессии растительности в дерновинно-злаковых степях Заволжья // Поволжский экологический журнал. 2006. № 2/3. - С. 154–163.
2. Опарин М.Л., Опарина О.С., Трофимова Л.С. Динамика орнитокомплексов кампофилов подзоны сухих степей Заволжья // Современная динамика компонентов экосистем пустынно-степных районов России: материалы школы-семинара молодых ученых "Динамика восстановительных процессов в степных экосистемах" (Красный Кут, Саратовская обл., 21–28 июня 2001 г.). М.: РАСХН, 2001. - С. 129–140.
3. Опарин М.Л. Современное население наземногнездящихся птиц степного Заволжья и его динамика в XX столетии // Известия Российской академии наук. Серия биологическая. 2008. № 4.- С. 491–496.
4. Опарин М.Л., Опарина О.С., Мамаев А.Б., Рубан О.А. Структура населения наземногнездящихся птиц саратовского Заволжья и ее внутривековая и межгодовая динамика // Поволжский экологический журнал. 2013. № 3. С. 280–290.
5. Опарин М.Л., Опарина О.С., Тихонов И.А., Ковальская Ю.М., Капранова Т.А. Роль природных и антропогенных факторов в изменении границ ареалов и динамике численности млекопитающих и птиц в степной зоне междуречья Волги и Урала в 20 столетии // Аридные экосистемы. 2003. Т. 9. № 18.- С. 16–29.
6. Степанян Л.С. Конспект орнитологической фауны России и сопредельных территорий (в границах СССР как исторической области). М.: ИКЦ «Академкнига», 2003. - 808 с.
7. Трофимова Л.С., Опарина О.С., Опарин М.Л. Растительный покров потенциальных мест гнездования дрофы в Саратовской области // Поволжский экологический журнал. 2003. № 3. - С. 266–277.
8. Штегман Б.К. Основы орнитогеографического деления Палеарктики // Известия АН СССР. Серия биол. 1937. № 4. - С. 1149–1169.

**ECOBIOLOGICAL PROBLEMS AND PRESERVATION OF ORNITOFAUNA
IN STEPPE AGROLANDS OF RUSSIA**

L.S. Trofimova¹, I.A. Trofimov¹, O.S. Oparina², M.L. Oparin²

*¹Federal Williams Research Center of forage Production and Agroecology,
Lobnya, 141055, Russia, e-mail: viktrofi@mail.ru.*

*²Severtsov Institute of Ecology and Evolution RAN. Saratov branch,
Saratov, 410028, Russia, e-mail: otis07@mail.ru*

Abstract

In the twentieth century, in the subzone of the dry steppes Trans-Volga region, significant changes occurred in the biodiversity of bird assemblages steppe habitats as a result of anthropogenic transformation landscapes and in connection with climate change. Of the 42 species of birds nesting on the land in the subzone of the dry steppes Trans-Volga region reduced their numbers and in some cases 22 species disappeared in the nesting area. Of these, the overwhelming majority are representatives of the steppe and desert faunal complexes.

ЭКОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ И ПРИОРИТЕТЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЮГА РОССИИ

**И.А. Трофимов¹, Л.С. Трофимова¹, Е.П. Яковлева¹, Н.Г. Рыбальский²,
В.В. Снакин², А.В. Емельянов³, Е.В. Скрипникова³, А.С. Горбунов⁴,
О.П. Быковская⁴, Н.В. Лямина⁵**

¹ФГБНУ «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии
им. В.Р. Вильямса», г. Лобня, 141055, Россия, e-mail: viktrofi@mail.ru

²ФГОУ ВО «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова»

³ФГБОУ ВО Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина,
Институт математики, естествознания и информационных технологий, г. Тамбов

⁴ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», г. Воронеж

⁵ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», Институт
ядерной энергии и промышленности, г. Севастополь

Современные масштабы разрушения живого покрова планеты заставляют выдвинуть в качестве стратегической цели сохранение продуктивного долголетия экосистем. Сохранение биологического разнообразия является основой продуктивности и стабильности биосферы. Одновременно с сокращением площади живого покрова Земли происходит его упрощение. Богатство жизни сокращается на всех уровнях ее организации – от генетического разнообразия внутри популяций до разнообразия видов и экосистем в биосфере [9, 10].

Биоразнообразие, экологическое и ландшафтное разнообразие, созданные природой в процессе эволюции и развития, определяют продуктивность и устойчивость экосистем. Благоприятные для человека, животных, растений и микроорганизмов условия жизни на Земле поддерживаются за счет постоянного функционирования и развития экосистем. Эффективность механизмов биосферной регуляции обеспечивается биологическим разнообразием. Без биоразнообразия (на генетическом, видовом, популяционном и экосистемном уровнях) не могут протекать биологические процессы в экосистемах, ландшафтах и биосфере [4].

Утрата природных экосистем и биоразнообразия в настоящее время идет высокими темпами и приобрела глобальные масштабы. К настоящему времени практически все наземные экосистемы претерпели глубокие изменения в результате деятельности человека. Критериями ценности экосистем для поддержания биосферной регуляции должны быть их средообразующие функции и степень сохранности (ненарушенности человеком), а не формальные показатели видового разнообразия [4, 6].

Средообразующая функция экосистем – определяет центральную роль нашей страны в решении задачи сохранения стабильности биосферы. Россия призвана занять лидирующее место в сохранении биосферы и обеспечении глобальной экологической безопасности.

Сельское хозяйство, обеспечивая человека пищей и другими ресурсами, вместе с тем разрушает землю, самую основу своего существования и нашу среду обитания (Биосферу). В сельском хозяйстве происходит опасный перекокс в сторону удовлетворения экономических интересов в ущерб экологическим и социальным. Преобладает экономика быстрой выгоды, направленная на получение высоких доходов. Такой подход характеризуется нарушением законов сбалансированности с Природой в структуре агроландшафтов, посевных площадей и севооборотов, чрезмерной химизацией, интенсификацией сельскохозяйственного производства, развитием эрозии, дефляции, дегумификацией и истощением почв.

На пашне преобладают экономически привлекательные культуры (пшеница, подсолнечник), востребованные на рынке. Нарушена сбалансированность растениеводства и животноводства. Нарушена сбалансированность структуры агроландшафтов, посевных площадей и севооборотов. Из них исчезают защитные экосистемы – многолетние травы, луга, леса. В структуре агроландшафтов – мало защитных экосистем. В структуре посевных площадей – их практически нет. Доля многолетних трав в структуре посевных площадей юга России уменьшилась в 5–10 раз [2, 5, 6].

Приоритеты сельскохозяйственной деятельности и территориальная специализация сельского хозяйства юга России определяются в соответствии с почвенно-климатическими условиями регионов, адаптивных к этим условиям систем земледелия, адаптивным потенциалом сельскохозяйственных культур и отраслей животноводства.

В основе биологизации и экологизации сельского хозяйства лежит природоохранная система земледелия с контурно-мелиоративной организацией территории. Она предусматривает регулирование поверхностного стока осадков посредством создания сети лесных насаждений и лесополос, гидротехнических сооружений, устройством залуженных водотоков.

В районах с возвышенным, сильно расчлененным системой глубоких балок и оврагов, эрозионно опасным рельефом, площади пахотных земель (и обработка почвы) должны быть минимальны, а их использование в интенсивном пахотном режиме – ограничено.

Насыщение сельскохозяйственных угодий многолетними травами при сокращении площадей пропашных культур и чистых паров является необходимым условием прекращения деградации почвенного покрова, восстановления плодородия почв и стабилизации агроэкосистем.

Устойчивость агроэкосистем предполагает не только получение сельскохозяйственной продукции, но и сохранение биоразнообразия входящих в нее живых организмов [11]. Вероятность сохранения сложной системы пропорциональна накопленному в ней разнообразию [8].

Развитое в работах В.И. Вернадского учение о биосфере и ноосфере является теоретической основой взаимодействия и гармоничного развития человечества и природы. Важнейшей задачей в целях дальнейшего развития цивилизации является необходимость усиления экологического образования, обеспечение научного понимания природных процессов и безопасности жизнедеятельности будущих поколений [1–3, 7].

Приоритеты развития агроэкосистем и агроландшафтов заключаются в создании природоподобных технологий и управлении экосистемами на основе их биологизации и экологизации, увеличении видового разнообразия, травосеянии с целью создания культурных пастбищ и сенокосов, сбалансированном сочетании полей, лугов, лесов, водных, болотных угодий и ООПТ в инфраструктуре агроландшафтов.

Приоритетом является также поиск баланса, компромисса между экономикой и экологией в области сельского хозяйства. Системные подходы, объединяющие экологические, экономические и социальные цели для комплексного управления ресурсами, являются основополагающими при организации более устойчивых экосистем [1, 2, 12].

Список литературы:

1. Вернадский В.И. Научная мысль как планетное явление. – М.: Наука, 1991. – 270 с.
2. Государственный доклад "О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2016 г." / Н.Г. Рыбальский, Е.В. Муравьева, В.В. Снакин, И.А. Трофимов и др. – М.: Минприроды России; НИА-Природа, 2017. – 760 с.

3. Михно В.Б., Быковская О.П., Горбунов А.С., Бевз В.Н. Принципы формирования ландшафтно-экологической сети Центрального Черноземья // Проблемы региональной экологии. – 2016. – № 6. – С. 60–64.
4. Павлов Д.С., Букварева Е.Н. Биоразнообразие и жизнеобеспечение человечества // Вестник РАН. – 2007. – Том 77. – № 11. – С. 974–986.
5. Повышение устойчивости агроландшафтов (Рекомендации) / А.С. Шпаков, И.А. Трофимов, А.А. Кутузова, А.А. Зотов, Г.Д. Харьков, Д.М. Тебердиев, Т.В. Прологова, Л.С. Трофимова, Т.М. Лебедева, Е.П. Яковлева. – М.: ФГНУ "Росинформагротех", 2003. – 44 с.
6. Рациональное природопользование и кормопроизводство в сельском хозяйстве России / В.М. Косолапов, И.А. Трофимов, Л.С. Трофимова, Е.П. Яковлева. – М.: РАН, 2018. – 132 с.
7. Скрипникова М.К., Скрипникова Е.В. Формирование экологического мировоззрения – одно из условий устойчивого развития региона // Экологическая педагогика: проблемы и перспективы в свете развития технологий Индустрии 4.0. Материалы Международной научной школы (Мичуринск, 26 октября 2017 г.). Под ред. Е.С. Симбирских. – Мичуринск: Изд-во Мичуринского ГАУ, 2017. – С. 116–123.
8. Снакин В.В. Эволюция биосферы и «Устойчивое развитие» // Российский журнал прикладной экологии. 2015. № 1. – С. 3–9.
9. Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2018. Сб. статей по материалам международной научно-практической конференции / под ред. Л.И. Лукиной, Н.А. Бежина, Н.В. Ляминой. – Севастополь, 2018. – 1312 с.
10. Global biodiversity outlook 2 Convention on Biological Diversity. Montreal: Secretariat of the Convention on biological diversity, 2006. – 81 pp.
11. Peterson C.A., Eviner V.T., Gaudin A.C.M. Ways forward for resilience research in agroecosystems // *Agricultural Systems*. 2018. V. 162. – P. 19–27.
12. Recanatì F., Guariso G. An optimization model for the planning of agroecosystems: Trading off socio-economic feasibility and biodiversity // *Ecological Engineering*. July 2018. V. 117. – P. 194–204.

ECOBIOLOGICAL PROBLEMS AND PRIORITIES OF THE SOUTH OF RUSSIA AGRICULTURAL ACTIVITY

I.A. Trofimov¹, L.S. Trofimova¹, E.P. Yakovleva¹, N.G. Rybalskiy², V.V. Snakin²,
A.V. Yemelyanov³, E.V. Skripnikova³, A.S. Gorbunov⁴, O.P. Bykovskaya⁴,
N.V. Lyamina⁵

¹*Federal Williams Research Center of forage Production and Agroecology, Lobnya, 141055, Russia, e-mail: viktrofi@mail.ru*

²*Moscow Lomonosov State University, Moscow*

³*Tambov Derzhavin State University. Institute of Mathematics, Natural Sciences and Information Technologies, Tambov,* ⁴*Voronezh State University, Voronezh*

⁵*Sevastopol State University, Institute of Nuclear Energy and Industry, Sevastopol*

Abstract

The orientation of agriculture on economically attractive crops, monocultures leads to a decrease in biodiversity, an imbalance of the structure of sown areas and crop rotations, simplifying, depleting and destroying ecosystems and agricultural landscapes, reducing their productivity and sustainability. Agriculture should develop only in a harmonized way with Nature. Priorities of scientific and technological development in agriculture in the South of Russia should be focused on biologization and ecologization, increasing biodiversity.

ГЕОСИСТЕМНАЯ ОСНОВА ОЦЕНКИ И КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

**И.А. Трофимов¹, Л.С. Трофимова¹, Е.П. Яковлева¹,
Ю.М. Семенов², Н.В. Лямина³**

¹ФГБНУ «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии
имени В.Р. Вильямса», г. Лобня, 141055, Россия, e-mail: viktrofi@mail.ru

²ФГБУН Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН,
г. Иркутск, 664033, Россия, e-mail: yumsemenov@mail.ru

³ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», Институт
ядерной энергии и промышленности, г. Севастополь, 299033, Россия,
e-mail: burmistrovan@mail.ru

Развитие экологии, биологии, географии и сельскохозяйственной науки вносит новые аспекты в понимание сельскохозяйственных земель. Формирование представлений об экосистемах [1], учения о геосистемах [2, 3], агроэкосистемах, агрогеосистемах, агроландшафтах [4–7] существенно расширяет понятие сельскохозяйственных земель.

В настоящее время особую актуальность приобретают исследования в области понимания процессов, происходящих в обществе и природе, развития природоподобных технологий, человеко-машинных систем, управления климатом и экосистемами, перехода к высокопродуктивному и экологически чистому сельскому хозяйству. Возрастает актуальность исследований, связанных с оценкой и контролем состояния окружающей среды [8].

Состояние геоэкосистем может изменяться под влиянием естественных процессов и под воздействием человеческой деятельности. Систему повторных наблюдений одного или более элементов окружающей природной среды в пространстве и времени, принято называть мониторингом. При организации мониторинга состояния биосферы представляется необходимой оценка реакции биотической (биологический мониторинг) и абиотической составляющих (геофизический мониторинг) биосферы на антропогенные воздействия. Главной задачей биологического мониторинга является определение состояния живой составляющей биосферы, отклика биоты на антропогенное воздействие, определение ее отклонения от нормального естественного состояния на различных уровнях.

Учение о геосистемах В.Б. Сочавы, выдающегося географа, эколога, геоботаника и картографа является важнейшей теоретической и методологической основой оценки и контроля состояния окружающей среды. Геоэкосистема – безразмерная единица географической и экологической структуры Земли. Интеграционное понимание сущности сельскохозяйственных земель позволяет рассматривать их как агрогеоэкосистемы, природно–сельскохозяйственные или природно-антропогенные образования. Природа и сельское хозяйство выступают в качестве главных структурных элементов агрогеоэкосистемы. Только их совокупное единство, обусловленное постоянными вещественно-энергетическими связями, обеспечивает качественное своеобразие агрогеоэкосистем и, что особенно важно, формирование ими растениеводческой и животноводческой продукции. Структура и функционирование агрогеоэкосистем, хотя и базируется на природных началах, целенаправленно трансформированы человеком, находятся под его контролем и в определенной мере управляются им. Сельскохозяйственные угодья с позиции геосистемной концепции представляет собой не комплекс, а природно-сельскохозяйственную геоэкосистему [7, 9].

Учение о геосистемах имеет экологическую направленность, ориентировано на выявление связей природной среды с человечеством и изучение ее экологических свойств. Системная парадигма открыла перед географией новые перспективы, поглотив многое из накопленного ранее ландшафтоведением и сблизив его с экологией [3].

Новым уровнем междисциплинарной интеграции становится геоэкология. Это научное направление изучает пространственно-временные закономерности взаимодействия природы и общества, объединяет теоретические и прикладные исследования в области наук о Земле (географии, геологии, физики атмосферы, физики Земли, геохимии и др.) и живой природе (биология) на основе эколого-географического (геоэкологического) подхода. Геоэкология формирует научные основы рационального природопользования и охраны природы [10].

Системное сложение органически свойственно природной среде. Оно выработалось в процессе эволюции ландшафтной сферы. Экосистема "... в такой же мере реальна как отдельное животное, растение или человек ..." [11].

Экосистема – понятие достаточно широкое. Оно лежит в основе современной экологии – науки об экосистемах всех уровней, которые представляют собой любое единство сообществ живых организмов и абиотической среды на данном участке, взаимосвязанное в единое целое.

Фактически всю биосферу можно рассматривать как множество экосистем. Экосистемы биоценозов являются моноцентрическими (биоцентрическими) системами, в которых природная среда и ее абиотический фон рассматриваются с точки зрения связи с организмами. Экосистема – это биологическое понятие.

Геосистемы полицентричны, им свойственно несколько критических компонентов, один из которых, как правило, представлен биотой. Геосистемы поглощают биологические компоненты, имеют свою более сложную системную организацию и обладают по сравнению с экосистемами значительно большей вертикальной мощностью. Границы экосистем в очень многих случаях совпадают с границами геосистем того или иного ранга. Однако и в тех случаях, когда та или иная геосистема пространственно совпадает с адекватной ей экосистемой, подходы географа и эколога различны. У первого он глобальный (всесторонний) и касается всех действующих в системе связей, у второго – специализированный, направленный на изучение связей организмов с их средой [2].

Интеграционное понимание сущности сельскохозяйственных земель позволяет рассматривать их как агрогеосистемы, т.е. "одомашненные системы" – природно-сельскохозяйственные или природно-антропогенные образования. Природа и сельское хозяйство выступают в качестве главных структурных элементов агрогеосистемы. Только их совокупное единство, обусловленное постоянными вещественно – энергетическими связями, обеспечивает качественное своеобразие агрогеосистем и, что особенно важно, осуществление ими продукционных (формирование растениеводческой и животноводческой продукции), средообразующих и природоохранных функций [1, 6, 7, 9, 12].

Агрогеосистема – не механическая сумма природной и сельскохозяйственной составляющих, а новое, более сложное по своей организации образование, обладающее всеми признаками эмерджентности. Структура и функционирование агрогеосистем, хотя и базируется на природных началах, целенаправленно трансформированы человеком, находятся под его контролем и в определенной мере управляются им. Агрогеосистемы являются важной современной глобальной сверх – системой "природа – общество" [7, 13, 14].

С позиции геосистемной концепции сельскохозяйственные угодья представляют собой не комплекс, а природно-сельскохозяйственную геоэкосистему. Геосистемная концепция имеет важнейшее значение для оценки, классификации, районирования,

картографирования и мониторинга сельскохозяйственных угодий на базе системного подхода к ним как к агрогеосистемам, слияния ландшафтного и экологического подходов при их изучении, осуществления систематического контроля за их состоянием [7, 9, 13, 14].

Проблему обеспечения компромисса продуктивности и устойчивости агрогеосистем можно решить только путем опережающего развития научной, технической и духовной мысли человечества. Современная цивилизация должна вступить в новую стадию эволюции – в стадию информированного общества, в котором информация – главный ресурс. Благополучное будущее биосферы связано с развитием такой информации, которая приведет к революции человеческих качеств, переходу из сферы материального потребления в сферу повышения уровня экологического сознания, духовности общества. Благодаря информационным эволюционным потокам идет освоение косной среды живым веществом. Все живое стремится вырваться из тисков внутривидовой борьбы за энергию путем обладания новой информацией. Информация есть ни что иное, как адаптивный потенциал вида [15–20].

Точно так же действует и человек при управлении агрогеосистемами, успешное развитие которых определяется только развитием информации. Именно многообразие и разносторонность информации являются основой их устойчивости и благополучного развития. Адаптивный потенциал целостной системы всегда больше суммы адаптивных потенциалов ее элементов. По этой причине косное вещество эволюционировало в живое, а последнее развивается на принципах увеличения информации, усиления ассимиляции космической энергии путем усложнения структуры и обеспечения гомеостаза внутренней среды [16–20].

Список литературы:

1. Одум Ю. Основы экологии. – М.: Мир, 1975. – 740 с.
2. Сочава В.Б. Введение в учение о геосистемах. – Новосибирск: Наука, 1978. – 320 с.
3. Сочава В.Б. Проблемы физической географии и геоботаники. Избранные труды. – Новосибирск: Наука, 1986. – 345 с.
4. Одум Ю.П. Свойства агроэкосистем // Сельскохозяйственные экосистемы. – М.: Агропромиздат, 1987. – С. 12–18.
5. Краммел Дж. Р., Дайер М. И. Потребители в агроэкосистемах: ландшафтный подход // Сельскохозяйственные экосистемы. – М.: Агропромиздат, 1987. – С. 56–103.
6. Харт Р. Д. Детерминанты агроэкосистем // Сельскохозяйственные экосистемы. – М.: Агропромиздат, 1987. – С. 104–118.
7. Николаев В.А. Основы учения об агроландшафтах // Агроландшафтные исследования. Методология, методика, региональные проблемы. – М.: Изд-во Моск. Ун-та, 1992. – С. 4–57.
8. Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации. Утверждена Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г. № 642. – 24 с.
9. Энциклопедический словарь терминов по кормопроизводству. 2-е изд. перераб. и дополн. / Косолапов В. М., Трофимов И. А., Трофимова Л. С. – М.: Типография Россельхозакадемии, 2013. – 592 с.
10. Тишков А.А., Осипов В.И. Геоэкология. Большая российская энциклопедия. – [bigenc.ru>geography/text/2353416](http://bigenc.ru/geography/text/2353416) (Дата обращения 15.04.2019).
11. Бергаланфи Л. фон. История и статус общей теории систем. В кн.: Системные исследования. Методологические проблемы. Ежегодник. – М.: Наука, 1973. – С. 20–37.
12. Джексон У. К идее унификации в сельскохозяйственной экологии // Сельскохозяйственные экосистемы. – М.: Агропромиздат, 1987. – С. 209–222.

13. Агрolandшафты Центрального Черноземья. Районирование и управление / В.М. Косолапов, И.А. Трофимов, Л.С. Трофимова, Е.П. Яковлева. – М.: Издательский Дом «Наука», 2015. – 198 с.
14. Рациональное природопользование и кормопроизводство в сельском хозяйстве России / В.М. Косолапов, И.А. Трофимов, Л.С. Трофимова, Е.П. Яковлева – М.: РАН, 2018. – 132 с.
15. Медоуз Д.Х., Медоуз Д.Л., Рандерс И. За пределами роста. – М.: Прогресс, 1994. – 304 с.
16. Вернадский В.И. Живое вещество и биосфера. – М.: Наука, 1994. – 689 с.
17. Вернадский В.И. Научная мысль как планетарное явление. – М.: Наука, 1991. – 270 с.
18. Вернадский В.И. Начало и вечность жизни. – М.: Советская Россия, 1989. – 203 с.
19. Камшилов М.М. Ноогенез – эволюция, управляемая человеком. – М.: Знание, 1977. – 64 с.
20. Камшилов М.М. Эволюция биосферы. 2-е изд. – М.: Наука, 1979. – 256 с.

GEOSYSTEM BASIS OF THE ASSESSMENT AND MONITORING OF THE ENVIRONMENTAL STATE

I.A. Trofimov¹, L.S. Trofimova¹, E.P. Yakovleva¹, Yu.M. Semenov², N.V. Lyamina³

¹*Federal Williams Research Center of forage Production and Agroecology,
Lobnya, 141055, Russia, e-mail: viktrofi@mail.ru.*

²*Sochava Geography Institute Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences,
Irkutsk, 664033, Russia, e-mail: yumsemenov@mail.ru*

³*Sevastopol State University, Institute of Nuclear Energy and Industry,
Sevastopol, 299033, Russia, e-mail: burmistrovan@mail.ru*

Abstract

The development of ecology, biology, geography and agricultural science, the formation of ideas about ecosystems, geosystems, agroecosystems, agroecosystem, agrolandscapes significantly expands the concept of agricultural land. Of particular relevance are research in the field of understanding the processes occurring in society and nature, the development of nature-like technologies, man-machine systems, climate and ecosystem management, and the transition to highly productive and environmentally friendly agriculture.

КАРТОГРАФИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ И ДИНАМИКИ АГРОЭКОСИСТЕМ

**И.А. Трофимов¹, Л.С. Трофимова¹, Е.П. Яковлева¹,
Ю.М. Семенов², Н.В. Лямина³**

¹ФГБНУ «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса», г. Лобня, 141055, Россия, e-mail: viktrofi@mail.ru

²ФГБУН Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, г. Иркутск, 664033, Россия, e-mail: yumsemenov@mail.ru

³ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», Институт ядерной энергии и промышленности, г. Севастополь, 299033, Россия, e-mail: burmistrovan@mail.ru

Информация является важнейшим ресурсом развития общества и природы [1–6]. Геоинформационное моделирование, оценка и агроландшафтно-экологическое районирование и картографирование агрогеосистем для целей планирования рационального природопользования позволят обеспечить максимальную согласованность и соответствие специализации сельскохозяйственного производства, развития кормопроизводства, земледелия и животноводства с природными условиями и качеством земель, экологическим состоянием агроландшафтов и охраной окружающей среды [7–10].

Развитие экологии, географии, биологии и сельскохозяйственной науки вносит новые аспекты в понимание сельскохозяйственных земель. Формирование представлений об экосистемах и геосистемах, агроэкосистемах, агрогеосистемах и агроландшафтах существенно расширяет понятие сельскохозяйственных земель [11–18].

Совершенствование методов получения информации и комплексной оценки состояния лугопастбищных экосистем является приоритетным направлением развития научно-технологического комплекса России и необходимо для рационального использования природных ресурсов, адаптивного сельского хозяйства и охраны окружающей среды.

Традиционные методы оценки и информационного обеспечения управления природными кормовыми угодьями основываются на трех типах карт: типологической карте природных пастбищ и сенокосов, карте хозяйственного состояния и карте мероприятий по их рациональному использованию и улучшению. На современном уровне научных знаний такой упрощенный подход к изучению и оценке природных кормовых угодий явно недостаточен. Игнорирование той или иной стороны изучаемых кормовых угодий ведет к существенным научно-информационным потерям и не вскрывает их агрогеоэкологической сущности [10].

Авторами предлагается вместо традиционно используемых трех типов карт создание по результатам аэрокосмического картографирования и мониторинга серии из пяти-семи типов карт, интегрированных в специальную тематическую информационную оценочную систему, которая является важнейшим условием управления природными кормовыми угодьями.

Новая серия карт, предназначенных для управления природными кормовыми угодьями, представляет собой целостную систему моделей, которая включает карты районирования и оценки экологического состояния изучаемой территории, типологические карты природных кормовых угодий, карты динамики продуктивности природных пастбищ и сенокосов, карты негативных процессов и их динамики, карты реакции природных кормовых угодий на антропогенные воздействия, карты прогноза поведения природных кормовых угодий, карты систем мероприятий и технологий

рационального использования, улучшения и охраны природных кормовых угодий [10, 19–22].

Предлагаемая система картографических моделей полностью характеризует потенциал, состояние, динамику и поведение агрогеосистем природных кормовых угодий. Она охватывает усовершенствованные старые и новые типы карт, предназначенные для оптимального управления природными кормовыми угодьями.

Карты районирования и оценки экологического состояния изучаемой территории, а также типологические карты природных кормовых угодий оценивают потенциал и состояние ландшафтов территории и изучаемых объектов. Карты динамики продуктивности природных кормовых угодий и карты динамики развития негативных процессов оценивают функционирование агрогеосистем. Карты ответных реакций природных кормовых угодий на антропогенные воздействия и прогноза их поведения оценивают особенности поведения агрогеосистем в условиях меняющихся нагрузок. Вся совокупность карт может создаваться в рамках специализированной тематической информационной системы потенциала, состояния, динамики и поведения агрогеосистем, на базе которой разрабатываются карты систем мероприятий и технологий рационального природопользования.

Все карты в системе картографических моделей тесно взаимосвязаны и между ними имеет место взаимообмен информацией. Тематическая информационная система в свою очередь может быть блоком ГИС. Таким образом, в условиях стратегии адаптивной интенсификации сельскохозяйственного производства, где непрерывно возрастает роль научного информационного обеспечения, система ГИС, обогащенная достижениями экологических, географических, биологических и сельскохозяйственных наук, становится незаменимым инструментом в процессе принятия сбалансированных хозяйственных решений.

Список литературы:

1. Вернадский В.И. Научная мысль как планетарное явление. – М.: Наука, 1991. – 270 с.
2. Вернадский В.И. Живое вещество и биосфера. – М.: Наука, 1994. – 689 с.
3. Вернадский В.И. Начало и вечность жизни. – М.: Советская Россия, 1989. – 203 с.
4. Камшилов М. . Ноогенез – эволюция, управляемая человеком. – М.: Знание, 1977. – 64 с.
5. Камшилов М.М. Эволюция биосферы. 2-е изд. – М.: Наука, 1979. – 256 с.
6. Медоуз Д.Х., Медоуз Д.Л., Рандерс И. За пределами роста. – М.: Прогресс, 1994. – 304 с.
7. Семёнов Ю.М. Ландшафтное планирование – прикладной раздел комплексной физической географии // География и природные ресурсы. 2017. № 4. С. 13–18.
8. Лысанова Г.И., Семенов Ю.М. Агрландшафтные исследования для устойчивого развития земледелия южных районов Сибири // В сб.: Ландшафтоведение: теория, методы, ландшафтно-экологическое обеспечение природопользования и устойчивого развития материалы XII Международной ландшафтной конференции. 2017. С. 73–76.
9. Семенов Ю.М. Ландшафтное картографирование для целей региональной политики природопользования // В сб.: Современное ландшафтно-экологическое состояние и проблемы оптимизации природной среды регионов Материалы XIII Международной ландшафтной конференции, посвященной столетию со дня рождения Ф.Н. Милькова. В 2-х томах. Под редакцией В.Б. Михно. – Воронеж, ВГУ, 2018. – С. 49–50.
10. Трофимов И.А. Методологические основы аэрокосмического картографирования и мониторинга природных кормовых угодий. – М.: Россельхозакадемия, 2001. – 74 с.
11. Одум Ю. Основы экологии. – М.: Мир, 1975. – 740 с.

12. Сочава В.Б. Введение в учение о геосистемах. – Новосибирск: Наука, 1978. – 320 с.
13. Сочава В.Б. Проблемы физической географии и геоботаники. Избранные труды. – Новосибирск: Наука, 1986. – 345 с.
14. Одум Ю.П. Свойства агроэкосистем // Сельскохозяйственные экосистемы. – М.: Агропромиздат, 1987. – С. 12–18.
15. Краммел Дж. Р., Дайер М. И. Потребители в агроэкосистемах: ландшафтный подход // Сельскохозяйственные экосистемы. – М.: Агропромиздат, 1987. – С. 56–103.
16. Харт Р. Д. Детерминанты агроэкосистем // Сельскохозяйственные экосистемы. – М.: Агропромиздат, 1987. – С. 104–118.
17. Николаев В.А. Основы учения об агроландшафтах // Агроландшафтные исследования. Методология, методика, региональные проблемы. – М.: Изд-во Моск. Ун-та, 1992. – С. 4–57.
18. Рациональное природопользование и кормопроизводство в сельском хозяйстве России / В.М. Косолапов, И.А. Трофимов, Л.С. Трофимова, Е.П. Яковлева – М.: РАН, 2018. – 132 с.
19. Трофимов И.А., Кравцова В.И. Продуктивность и сезон использования кормовых угодий. Состояние кормовых угодий в связи с опустыниванием. Калмыкия. Карта // Космические методы геоэкологии. Атлас. – М.: Географический ф-т МГУ, 1998. Л. 55.
20. Трофимов И.А., Кравцова В.И. Характеристика природных кормовых угодий по районам, рекомендации по их использованию. Состояние кормовых угодий в связи с опустыниванием. Калмыкия. Карта // Космические методы геоэкологии. Атлас. – М.: Географический ф-т МГУ, 1998. – Л. 55.
21. Трофимов И.А., Кравцова В.И. Мониторинг динамики кормовых угодий. Калмыкия // Космические методы геоэкологии. Атлас. – М.: Географический ф-т МГУ, 1998. – Л. 56.
22. Трофимов И.А., Кравцова В.И., Николаев В.А., Емгушова Л.Б. Современное состояние и региональный прогноз опустынивания. Калмыкия. Карты: 1. Современные ландшафты; 2. Современное состояние опустынивания; 3. Опасность опустынивания (прогноз); 4. Опасность опустынивания (прогноз при рациональном использовании и улучшении территории) // Космические методы геоэкологии. Атлас. – М.: Географический ф-т МГУ, 1998. – Л. 59.

CARTOGRAPHIC MODELING OF THE AGRO-ECOSYSTEMS CONDITION AND DYNAMICS

I.A. Trofimov¹, L.S. Trofimova¹, E.P. Yakovleva¹, Yu.M. Semenov², N.V. Lyamina³

¹*Federal Williams Research Center of forage Production and Agroecology,
Lobnya, 141055, Russia, e-mail: viktrofi@mail.ru.*

²*Sochava Geography Institute Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences,
Irkutsk, 664033, Russia, e-mail: yumsemenov@mail.ru*

³*Sevastopol State University, Institute of Nuclear Energy and Industry,
Sevastopol, 299033, Russia, e-mail: burmistrovan@mail.ru*

Abstract

Geoinformational modeling, assessment and agrolandscape-ecological zoning and mapping of agroecosystems for the purposes of environmental management planning will ensure maximum consistency in the specialization of agricultural production, the feed production development, farming and animal husbandry with the natural conditions and land quality, the environmental state and protection of agricultural landscapes.

АДАПТАЦИОННЫЕ РЕАКЦИИ У РЫБ ПРИ ХРОНИЧЕСКОМ РАДИАЦИОННОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

Г.А. Тряпицына^{1,2}; Е.А. Пряхин¹

¹Уральский научно-практический центр радиационной медицины,
г. Челябинск, 454076, Россия, e-mail: tga28@mail.ru

²Челябинский государственный университет, г. Челябинск, 454001, Россия.

Экосистема реки Течи (Челябинская обл., Россия) подверглась радиоактивному загрязнению в результате регламентных и аварийных сбросов жидких радиоактивных отходов в 1949 – 1956 гг. предприятием атомной промышленности ПО «Маяк» при выполнении «Атомного проекта» по созданию атомной бомбы [1]. Всего в открытую гидросистему реки Течи было сброшено 76 млн. м³сточных вод общей активностью 114 ПБк [2]. В состав радиоактивных сбросов входили такие долгоживущие радионуклиды как ⁹⁰Sr и ¹³⁷Cs, которые и сегодня являются источниками облучения гидробионтов.

С 1956 г. по 1965 г. верховье реки Течи было перекрыто каскадом плотин, которые позволили локализовать большую часть депонированных в верховьях реки радиоактивных веществ и предотвратить дальнейшее поступление радионуклидов в открытую гидрографическую систему Теча-Исеть-Тобол-Иртыш-Обь. В настоящее время эксплуатируется сложная гидрографическая система водоемов (водоемы В-3, В-4, В-10, В-11), плотин (плотины П-3, П-4, П-10 и замыкающая каскад водоемов плотина П-11), Левобережного (ЛБК) и Правобережного (ПБК) обводных каналов, которая получила название Теченский каскад водоемов (ТКВ) [3].

У рыб, обитающих в водоемах ТКВ и реке Тече, жизненный цикл на протяжении нескольких поколений проходит в естественных природных экосистемах в условиях хронического радиационного воздействия со снижающейся мощностью дозы с максимумом, приходящимся на массивированные сбросы радиоактивных отходов в 1951 – 1952 гг. [4].

В исследованиях 2007 – 2015 гг. было определено содержание радионуклидов в воде, донных отложениях и гидробионтах в водоемах ТКВ и проведены расчеты мощности дозы для основных экологических групп гидробионтов с использованием программного комплекса ERICA Assessment Tool 1.0 May 2009 [5]. В 2012 г. в уловах из водоемов В-11, В-10, В-4 ТКВ были обнаружены рыбы аборигенных видов, характерных для Уральского региона: плотва (*Rutilus rutilus*, Linnaeus, 1758), линь (*Tinca tinca*, Linnaeus, 1758), Золотой карась (*Carassius Carassius*, Linnaeus, 1758), язь (*Leuciscus idus*, Linnaeus, 1758), окунь (*Perca fluviatilis*, Linnaeus, 1758), щука (*Esox Lucius*, Linnaeus, 1758). В уловах из водоема В-3 были обнаружены только плотва и карась. Оценка морфометрических показателей (интегральные показатели, отражающие физиологическое состояние организма) у плотвы из радиоактивно-загрязненных водоемов в возрасте 4+ показала, что не наблюдается принципиальных изменений показателей роста (линейный размер и масса тела, коэффициент упитанности) по сравнению с одновозрастными особями водоема сравнения (Шершнево-водохранилище, Челябинская обл.) [6].

Методом ДНК комет не выявлено существенного изменения состояния ядерной ДНК в клетках крови у плотвы водоема В-11 (мощность дозы 0,8 мГр/сут) по отношению к показателям у плотвы из водоема сравнения. У плотвы из водоемов В-10 (мощность дозы 5,2 мГр/сут) и В-4 (мощность дозы 19,5 мГр/сут) регистрируется повышение исходного уровня повреждения ДНК, существенно более высокий уровень индуцируемых тест-нагрузкой (воздействием γ -излучения *in vitro* в дозе 3 Гр)

повреждений ДНК и повышение процессов репарации ядерной ДНК эритроцитов периферической крови рыб [7]. Повышение репаративных процессов в клетке может рассматриваться как реакция на хроническое радиационное воздействие, которая вносит существенный вклад в адаптационные возможности на клеточном, системном, организменном и популяционном уровнях.

Похожие эффекты получены при исследовании гидробионтов в водоемах зоны отчуждения Чернобыльской АЭС: высокий уровень содержания радионуклидов в компонентах водных экосистем зоны отчуждения продолжает оказывать существенное повреждающее воздействие на представителей водных биоценозов, обуславливая повышенный уровень хромосомного мутагенеза и связанную с этим репродуктивную гибель клеток в тканях гидробионтов [8].

В 2008 – 2016 гг. сотрудниками ФГБУН «Уральский научно-практический центр радиационной медицины» ФМБА России при поддержке Норвежского агентства по радиационной защите (проект M14-11/18) выполнены исследования ихтиофауны реки Течи. Для оценки современного состояния ихтиофауны реки Течи были организованы 3 станции отбора проб (верхнее (РТ1), среднее (РТ2) и нижнее (РТ3) течение реки) [9]. В качестве биологических объектов в исследованиях использовали представителей популяций плотвы *Rutilus rutilus* (Linnaeus, 1758), окуня *Perca fluviatilis* (Linnaeus, 1758) и щуки *Esox lucius* (Linnaeus, 1758). Лов рыбы проводили электродочкой SAMUS 725MP (Польша) весной во время нереста (апрель-май) и летом во время нагула (август). Определение вида, пола и возраста рыб проводили по общепринятым методикам. Средние надфоновые мощности доз и их коэффициенты вариации для рыб реки Течи представлены в таблице. Гематологические исследования включали определение количества клеток в периферической крови, определение относительного и абсолютного количества эритроидных клеток различной степени зрелости в периферической крови, наличие внеклеточных паразитов крови трипаносом (*Trypanosoma*).

Таблица

Средние надфоновые мощности доз и их коэффициенты вариации для рыб реки Течи, мкГр/сут [10]

Вид рыбы	Станции		
	РТ1	РТ2	РТ3
	Мощность дозы (коэффициенты вариации)		
Плотва	108 (1,4); n = 55	16 (0,6); n = 64	9 (0,6); n = 56
Окунь	124 (1,2); n = 58	11 (0,4); n = 43	4 (0,8); n = 55
Щука	150 (1,1); n = 38	9 (0,4); n = 32	3 (0,7); n = 15
Примечание: n – количество особей в анализе.			

Выявлено повышенное содержание эритробластов в крови у рыб реки Течи, что может быть интерпретировано как адаптационная реакция эритропоэза на радиационно-индуцированную гибель эритроцитов. Однако данная реакция обеспечивает численность зрелых эритроцитов на уровне контрольных показателей у рыб нижнего (мощность дозы 3-9 мкГр/сут) и среднего течения (мощность дозы 16-20 мкГр/сут) и не обеспечивает у рыб верховья реки (мощность дозы 108-150 мкГр/сут) – здесь регистрируется статистически значимое снижение показателя на 20% относительно контроля.

В исследованиях ихтиофауны водоемов зоны отчуждения Чернобыльской АЭС также показано, что хроническое радиационное воздействие оказывает модифицирующее влияние на процессы дифференцировки стволовых кроветворных клеток,

последствиями которых является изменение содержания отдельных типов клеток в периферической крови [11].

Для выяснения зависимости анализируемых показателей от суммарной мощности дозы облучения на эритропоз у рыб был выполнен регрессионный анализ с использованием линейной модели ($Y=a+bX$), где в качестве аргумента использовали суммарную мощность дозы (мкГр/сут) [9]. Весной выявлена статистически значимая обратная зависимость от мощности дозы облучения абсолютного количества эритроцитов, абсолютного количества полихроматофильных (ПХЭ) и нормохроматофильных эритроцитов (НХЭ), неделящихся клеток в крови плотвы; прямая зависимость от мощности дозы отмечена для относительного количества эритробластов в крови у плотвы. Летом была выявлена статистически значимая обратная зависимость от мощности дозы абсолютного количества эритроцитов в крови у плотвы, относительного и абсолютного количества нормоцитов, относительного и абсолютного количества делящихся клеток; прямая зависимость отмечена для относительного количества НХЭ [9].

С использованием дисперсионного многофакторного анализа выполнена оценка влияния хронического радиационного воздействия и паразитарной инвазии на состояние эритропоза у рыб: трипаносомная инвазия значимое влияние оказывает на процентный состав эритроидных клеток различной степени зрелости в периферической крови, а именно на содержание пролиферирующих клеток (эритробласты, нормоциты, в целом все делящиеся клетки), а также на абсолютное количество зрелых НХЭ; мощность дозы облучения значимо влияет на процентное содержание эритробластов и пронормоцитов, на абсолютное количество эритроидных клеток в целом, а также на численность клеток в различных компартментах (эритробласты, пронормоциты, ПХЭ, НХЭ) в периферической крови у рыб [12]. Также многофакторный анализ показал, что совместное воздействие трипаносомной инвазии и радиации может приводить к модификации эффектов этих факторов: в основном модифицирующее действие проявляется в изменении содержания делящихся клеток (относительное количество пронормоцитов, абсолютное количество нормоцитов и суммарное количество делящихся клеток).

Для оценки адаптационных возможностей эритропоза у рыб при хроническом радиационном воздействии летом 2014 г. были проведены пилотные эксперименты *in situ*, где в качестве биологического объекта использовали плотву [13]. Принцип исследований состоял в перемещении рыб из радиоактивно-загрязненного водотока (станция РТ1 реки Течи) в контролируемые условия (содержания радионуклидов, химического состава воды, гидрологических характеристик, условий содержания) «чистого» водотока и, наоборот, из «чистого» водотока (река Миасс) в контролируемые условия радиоактивного загрязнения. Средняя мощность дозы для плотвы на станции РТ1 составляла 108 мкГр/сут, при этом доля внешнего облучения составляла около 80% в суммарной мощности дозы. Плотва из реки Миасс за время содержания в садке, расположенном в реке Тече, подвергалась преимущественно внешнему облучению со средней мощностью внешнего облучения около 90 мкГр/сут. Животных содержали в садках (размер 2 м × 1,5 м) в течение 10 суток. Затем проводили гематологические исследования. Рыбу из каждой реки распределяли на три группы: одну группу помещали в садок в этой же реке, вторую – перемещали в садок в другой реке; рыб третьей группы обследовали после вылова с целью определения исходного состояния гемопоэза. Организация экспериментов позволила оценить влияние на гемопоэз хронического радиационного облучения; комплекса факторов, связанных с изменением условий обитания рыб (ограничение миграции, изменение плотности популяции, режима питания и др.) при их временном содержании в садке; сочетанного действия перечисленных факторов. Было выявлено, что в условиях радиационного воздействия у плотвы дополнительные факторы (содержание в садке)

приводят к снижению продукции эритропоэза, а устранение радиационного фактора приводит к восстановлению показателей эритропоэза до значений в контроле.

Таким образом, по представленным результатам можно сделать следующие выводы:

- У рыб при хроническом радиационном воздействии с мощностью дозы 0,8 мГр/сут не выявлено существенного изменения состояния ядерной ДНК в клетках крови по отношению к показателям в контрольной популяции; при воздействии с мощностями доз 5,2 мГр/сут и 19,5 мГр/сут регистрируется повышение уровня повреждения ДНК, существенно более высокий уровень индуцируемых тест-нагрузкой (воздействием γ -излучения *in vitro* в дозе 3 Гр) повреждений ДНК и повышение процессов репарации ядерной ДНК.

- Хроническое радиационное воздействие с мощностями доз до 19,5 мГр/сут не приводит к изменению морфометрических показателей у рыб по сравнению с показателями в водоеме сравнения.

- У рыб радиоактивно загрязненной реки Течи эритропоэз функционирует в отличающемся от физиологической нормы режиме: обеспечение крови достаточным количеством функциональных клеток достигается путем повышения количества пролиферирующих клеток, а также, возможно, путем повышения их выживаемости за счет повышения репарации повреждений ДНК; такой режим обеспечивает количество эритроцитов на уровне физиологической нормы при хроническом радиационном воздействии на рыб с мощностями доз 0,9 и 16 мкГр/сут, и становится недостаточным при мощностях доз выше 100 мкГр/сут.

- Хроническое облучение рыб снижает адаптационные возможности эритропоэза: дополнительные нагрузки на организм рыб, связанные с нерестом (гормональные перестройки), изменением условий обитания (режим питания, миграция, плотность популяции и др.) приводят к неэффективному эритропоэзу, к снижению адаптационных возможностей эритропоэза.

- Изменения эритропоэза, вызванные действием на рыб хронического облучения с мощностью дозы до 108 мкГр/сут, являются обратимыми, и при устранении радиационного фактора позволяют вернуться к режиму нормального функционирования и восстановлению адаптационных возможностей к действию стресс-факторов нерадиационной природы.

- Физиологические и/или генетические адаптации в популяциях рыб позволяют им приспосабливаться к существующим в водоемах ТКВ ПО «Маяк» уровням радиационного воздействия.

Список литературы:

1. Глаголенко Ю.В., Дрожко Е.Г., Мокров Ю.Г. Особенности формирования радиоактивного загрязнения р. Теча // Вопросы радиационной безопасности, 2007. - № 2. - С. 27-36.
2. Degteva M.O., Shagina N.B., Vorobiova M.I., Anspaugh L.R., Napier B.A. // Health Physics. 2012. V. 102. Is. 1. P. 25-38.
3. Мокров Ю.Г., Алексахин А.И. Деятельность ФГУП ПО «Маяк» по обеспечению безопасной эксплуатации Теченского каскада водоемов // Вопросы радиационной безопасности, 2018. - № 4. - С. 13-29.
4. Shishkina E.A., Pryakhin E.A., Sharagin P.A., Osipov D.I., Tryapitsina G.A., Atmanyuk N.I., Egoreichenkov E.A., Trapeznikov A.V., Rudolfson G., Teien H.C., Sneve M.K. The radiation exposure of fish in the period of the Tеча river peak Contamination // Journal of Environmental Radioactivity 201 (2019) 43–55.
5. Тряпицына Г.А., С.С. Андреев, Д.И. Осипов и др. Оценка уровня радиационного воздействия на гидробионтов некоторых специальных промышленных водоёмов ПО «МАЯК» // Радиационная биология. Радиоэкология, 2012. - Т. 52. - № 2. - С. 207–214.

6. Тряпицына Г.А. Сравнительный анализ показателей роста плотвы водоёма В-10 ПО "Маяк" и водоёмов Южного Урала: Шершневского водохранилища, озёр Иртяш, Б. Касли, Кожакуль // Вопросы радиационной безопасности. – 2011. – № 2. – С. 60 – 66.
7. Стяжкина Е.В., Обвинцева Н.А., Шапошникова И.А., Тряпицына Г.А., Стукалов П.М., Пряхин Е.А. Оценка уровня повреждения и репарации ядерной ДНК у плотвы (*Rutilus rutilus* L.) из водоемов с разным уровнем радиоактивного загрязнения // Радиационная биология. Радиационная экология, 2012. - Т. 52. - № 2. - С. 198-206.
8. Гудков Д.И., Назаров А.Б., Мардаревич М.Г., Сивак Е.В. Гидробионты зоны отчуждения Чернобыльской АЭС: дозовые нагрузки и цитогенетические эффекты // Проблемы безопасности атомных электростанций и Чернобиля. 2005. - Вып. 3.-Ч. 2.- С. 97-101.
9. Тряпицына Г.А., Осипов Д.И., Егорейченков Е.А. и др. Оценка состояния эритропоэза у плотвы (*Rutilus rutilus*) радиоактивно загрязненной реки Теча // Радиационная биология. Радиационная экология. 2017. - Т. 57. - № 1. - С. 98-107.
10. Shishkina E.A., Pryakhin E.A., Popova I.Ya. et al. Evaluation of distribution coefficients and concentration ratios of ⁹⁰Sr and ¹³⁷Cs in the Techa river and the Miass river // J. Environ. radioact. 2016. -V. 158–159.- P. 148–163.
11. Микряков В.Р., Гудков Д.И., Микряков Д.В. и др. Сравнительная характеристика состава лейкоцитов золотого карася *Carassius carassius* (Cyprinidae) из водоёмов Чернобыльской зоны отчуждения Рыбинского водохранилища // Вопросы ихтиологии, 2013.-Т. 53, № 6, - с. 741–745.
12. Тряпицына Г.А., Пряхин Е.А., Осипов Д.И. и др. реакция эритропоэза на трипаносомную инвазию у рыб, обитающих в радиоактивно загрязненной реке Тече // Радиационная биология. Радиационная экология. 2019.- Т 59. - № 1. с. 82–93.
13. Возможности адаптации к малым дозам радиации/ под ред. А.В. Аклеева. – Санкт-Петербург: СпецЛит, 2019. – 111 с.

THE ADAPTIVE REACTIONS IN FISH SUBJECTED TO CHRONIC RADIATION EXPOSURE

A.G. Tryapitsyna^{1,2}, E.A. Pryakhin¹

¹Urals Research Center for Radiation Medicine, Chelyabinsk

²Chelyabinsk State University, Chelyabinsk

Abstract

The study of the ichthyofauna of the Techa cascade of reservoirs (TCR) (Chelyabinsk region, Russia), which are used by Mayak PA for the liquid radioactive waste storage, and of the radioactively contaminated Techa river have been performed.

The results of the study showed:

- In fish inhabiting the TCR under the chronic radiation exposure with a dose rate of 0.8 mGy/day did not reveal a significant change in the level of comet assay nuclear DNA damage in the blood cells to compare with the control population; the radiation exposure with the dose rates of 5.2 mGy/day and 19.5 mGy/day increased the level of comet assay nuclear DNA damage; usage of test-exposure of γ -radiation in vitro at a dose of 3 Gy revealed and increased level of comet assay DNA damage and increased in DNA repair rate in fish exposed with the dose rate of 5.2 mGy/day and 19.5 mGy/day.

- Chronic radiation exposure with dose rates up to 19.5 mGy/day does not change the species composition of fish and their morphometric parameters compared to those in the comparison pond.

- In fish of the radioactively contaminated river Tech, erythropoiesis functions in a regime different from the physiological norm: providing blood with a sufficient number of functional cells is achieved by increasing the number of proliferating cells, and possibly by increasing their survival by increasing the repair of DNA damage; such a regime provides

the number of erythrocytes at the level of physiological norm in chronic radiation exposure to fish with dose rates of 0.9 and 16 $\mu\text{g}/\text{day}$, and becomes insufficient at dose rates above 100 $\mu\text{g}/\text{day}$;

- Chronic irradiation of fish reduces the adaptive capacity of erythropoiesis: additional loads on the body of fish associated with spawning (hormonal changes), changes in living conditions (diet, migration, population density, etc.) lead to ineffective erythropoiesis, reduce the adaptive capacity of erythropoiesis.

- Changes in erythropoiesis caused by chronic irradiation on fish with a dose rate of up to 108 $\mu\text{g}/\text{day}$ are reversible, and with the elimination of the radiation factor, allow a return to normal functioning and the restoration of adaptive capacity to the action of stress factors of non-radiation nature.

- Physiological and/or genetic adaptation in populations of fish allow them to adapt to the existing TCR in the reservoirs and rivers of the Leak levels of radiation exposure.

УДК 633.85

ВОЗМОЖНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ МАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР СЕМЕЙСТВА *BRASSICACEAE* В КРЫМУ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В КАЧЕСТВЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Е.Л. Турина, Е.Н. Ростова

ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»,
г. Симферополь, 295493, Россия, e-mail: turina_e@niishk.ru

Истощение мировых запасов углеводородных ресурсов заставляет человечество задуматься о возможности использования возобновляемых источников энергии. Все более актуальным этот вопрос становится на фоне увеличения населения в мире, что, несомненно, еще больше приводит к увеличению потребления энергии, особенно в городах. Сегодняшнее население в два раза больше, чем в 1960 году, и, по прогнозам, увеличится еще до 9 миллиардов к 2050 [1].

Ни одна развитая страна не остается в стороне при решении этой глобальной проблемы – целью Европейского союза остается достичь доли в 20% возобновляемых источников энергии в энергобалансе к 2020 году и не менее 27% – к 2030 году, Японии 22–24% к 2035 году, Южной Кореи – 11% к 2035 году [2]. Согласно плану по изменению климата (так называемый «план чистой энергии») в Соединенных Штатах к 2030 году необходимо сократить выбросы углекислого газа до 30% [3].

Очень важным является и экологический аспект – климатические изменения, вызванные глобальным потеплением, главным образом, углекислым газом, полученным во время сжигания ископаемого топлива, обусловили значительные изменения в экосистемах [4]. В докладе Межправительственной группы экспертов по изменению климата Организации Объединенных Наций признается, что глобальное потепление является чисто результатом человеческой деятельности [5].

Энергетические культуры имеют огромный потенциал в этом отношении – кукуруза, сорго, сахарная свекла, соя, сахарный тростник, рапс, пшеница, хлопок, арахис, подсолнечник и многие другие сельскохозяйственные растения являются сырьем для производства биотоплива. Тем не менее, по мнению ученых, следует четко разделять энергетические культуры, используемые на пищевые цели, и не связанные с пищевыми продуктами (кормами), поскольку проблема продовольственной безопасности не менее актуальна [6-7]. Escobar J.C., Lora E.S., Venturini O.J., Yáñez E.E., Castillo E.F., Almazan O. в своей статье подчеркивают, что «Нужно быть достаточно мудрым, чтобы не вести конфронтацию между энергией, пищей и окружающей средой» [4].

Масличные культуры выделены в особую группу с точки зрения их народнохозяйственного значения, то есть возможности получения растительных масел из семян в промышленных масштабах на различные цели использования [8]. Представители семейства *Brassicaceae* – различные виды горчицы, *Camelina* sp. L. (рыжик масличный) и *Crambe abyssinica* Hochst (крамбе абиссинская) вполне могут использоваться для получения биодизеля [8-10].

Горчица является традиционной культурой для Крыма, ежегодно ее высевают на площади 3,8–11,8 тыс.га. В основном здесь возделывают горчицу сарептскую (*Brassica juncea*) и белую (*Sinapis alba*), реже – черную (*Brassica nigra*).

Масло горчицы полувысыхающее (йодное число у горчицы сарептской – 92–119, белой 92–112) с кислотным числом у сарептской 0,01–3,0, а у белой – 0,06–8,5 мг КОН на 1 г жира. Число омыления – 182–183 у сарептской и 170–184 мг КОН/г горчицы белой.

Для Крыма *Crambe abyssinica* Hochst. и *Camelina* sp. L. являются новыми культурами, в Институте сельского хозяйства Крыма изучаются с 2015 года. Производственные посевы рыжика озимого в 2019 году на полуострове составили около 1 тыс.га.

Крамбе абиссинская – неприхотливая культура и может возделываться практически повсеместно. Масло крамбе слабовысыхающее с низким йодным числом (93–97), кислотное число составляет 3,9–8,9 мг КОН на 1 г жира, число омыления – 175 – 179 мг КОН/г [8].

В семенах рыжика содержится 40–46% высушающего масла. Является растением-космополитом, неприхотлив к типам почвы и степени влагообеспеченности года. Кислотное число масла – 4,0 мг КОН на 1 г жира. Число омыления – 183±0,05 мг КОН/г, йодное число – 141±0,01 г йода/100 г, перекисное число – 8±0,002 ммоль (1/2 O) / кг [11].

Еще одна известная масличная культура – рапс (*Brassica napus* L.) довольно широко до недавнего времени возделывалась в Крыму. Так, в 2008 году площади посева рапса в Крыму составляли более 30 тыс. га. Крымскими учеными установлено, что в суходольных условиях наилучшим предшественником для него является чистый пар, а другие предшественники (однолетние, многолетние травы, зернобобовые и стерневые) позволяют получить урожай рапса на том же уровне, что и по пару, только в условиях орошения [12]. Однако, чистый пар, отводится, как правило, под основную культуру Крымского полеводства – озимую пшеницу. Кроме того, на полуострове стоит остро вопрос о нехватке воды в связи с прекращением работы Северо-Крымского канала.

Стоит отметить, что тренд на снижение площадей рапса отмечен не только в Крыму. В том же 2008 в Европе на рапс приходилось 79% всех посевов сырья, используемых для производства биодизеля [13]. Rafael Jaime, Julio M. Alcántara, Antonio J. Manzaneda, Pedro J. Rey в своей статье *Climate change decreases suitable areas for rapeseed cultivation in Europe but provides new opportunities for white mustard as an alternative oilseed for biofuel production* (Изменение климата уменьшает площади, пригодные для выращивания рапса в Европе, но открывает новые возможности для производства белой горчицы, как альтернативной масличной культуры для производства биотоплива), вышедшей в свет в конце 2018 года, убедительно показывают, что глобальное потепление и связанное с ним увеличение аридности многих регионов умеренной зоны, может поставить под угрозу производство сельскохозяйственных культур, а средиземноморские климатические регионы уже не будут являться оптимальными, по погодным условиям, для культивирования рапса [10]. *Sinapis alba* предлагается авторами в качестве альтернативы.

Цель наших исследований – определить возможную урожайность и качество маслосемян современных сортов капустных культур: рыжика озимого, крамбе абиссинской, горчицы сарептской и белой, выращенных в условиях Крыма.

Полевые опыты были заложены в отделении полевых культур ФГБУН «НИИСХ Крыма», находящегося в с. Клепинино Красногвардейского района в Крыму по предшественнику зерновые колосовые. Учетная площадь опытных делянок – 25 м². Посев проводили селекционной сеялкой СКС 6–10, уборку урожая комбайном Сампо–130 в фазу полной спелости с последующим взвешиванием зерна с делянки.

Почвы представлены южными слабогумусированными черноземами на желтобурых лессовидных легких глинах. В пахотном слое содержалось подвижного фосфора (по Мачигину Б.П.) – 5,6 мг/100 г почвы, калия (по Мачигину Б.П.) – 35 мг/100 г почвы, количество гумуса (по Тюрину И.В.) составляло 2,29 %.

Территория ФГБУН «НИИСХ Крыма» относится к так называемому Степному агроклиматическому району. Климат здесь умеренно-жаркий засушливый с умеренно мягкой зимой. Среднегодовая температура воздуха 9,7–10,5 °С. Годовая сумма

осадков – 435 мм, из них в период активной вегетации выпадает 285 мм. Среднее значение ГТК в апреле составляет 0,49, что соответствует средней засухе, в мае – 0,96 (недостаточная влагообеспеченность), в июне приближается к оптимальным значениям –1,12 [14].

Погодные условия в годы исследований (2016–2018 гг.) значительно отличались между собой по количеству осадков, их распределению и температурному режиму. Наиболее благоприятный для роста и развития масличных культур был 2016 год, а условия 2018 года, напротив, были крайне неблагоприятны из-за значительного недостатка влаги на всех этапах органогенеза растений.

Урожайность маслосемян рыжика озимого находилась в пределах 1,59–1,68 т/га, крамбе – 1,53–1,64 т/га, горчицы сарептской – 0,72–0,83 т/га, горчицы белой – 0,49–0,56 т/га (табл. 1). В то же время дисперсионный анализ показывает, что урожайность сортов в рамках каждой культуры находилась на одном уровне.

Масличность семян подвержена колебаниям в зависимости от метеоусловий года. Так, в 2018 году – неблагоприятному по степени увлажненности, масличность на всех культурах была значительно ниже, чем в 2017.

Таблица 1

Урожайность (среднее 2016-2018 гг.) и масличность капустных культур

Культура, сорт	Урожайность, т/га	Масличность, %	
		2017	2018
Озимый рыжик			
Козырь	1,64	43,5	33,6
Пензяк	1,68	43,9	33,9
Барон	1,59	43,8	35,6
НСР₀₅	0,18		
Крамбе абиссинская*			
Полет	1,53	33,60	25,18
Деметра	1,64	34,01	24,81
НСР₀₅	0,12		
Горчица сарептская			
Донская 8	0,72	49,1	42,4
Лера	0,73	48,9	43,3
Люкс	0,81	49,7	42,9
Славянка	0,78	50,3	42,9
Золушка	0,83	50,5	41,6
Ника	0,79	51	43,5
Каприз	0,74	47	42,9
Полупустынная	0,82	50	41,1
НСР₀₅	0,15		
Горчица белая			
Колла	0,49	31,6	26,9
Радуга	0,54	31,4	28,5
Аврора	0,55	30,8	27,5
Луговская	0,56	30,6	27,4
НСР₀₅	0,08		

Примечание: * – Урожайность крамбе абиссинской за 2017-2018 гг.

Анализ жирнокислотного состава маслосемян показывает, что высокое содержание полиненасыщенных жирных кислот линолевой и линоленовой (у рыжика и гор-

чицы сарептской) и эруковой кислоты (у крамбе) позволяет использовать данные культуры на технические цели, в том числе, для производства биодизеля (табл.2).

Таблица 2

Состав жирных кислот масличных культур, 2018 г.

Культура	Крамбе абиссинская сорт Полет	Рыжик озимый сорт Пензяк	Горчица сарептская сорт Ника	Горчица белая сорт Радуга
Жирная кислота (название)	%			
Пальмитиновая	1,64	5,31	3,52	4,06
Пальмитолеиновая	0,13	0,08	0,13	0,15
Стеариновая	0,64	2,21	2,27	1,68
Олеиновая	16,12	15,50	50,93	58,22
Линолевая	7,67	18,08	29,47	12,31
Линоленовая	6,15	33,56	11,21	11,46
Арахидиновая	0,72	1,60	0,45	0,54
Эйкозеновая	3,46	15,96	1,24	4,42
Эйкозодиеновая	0,14	2,00	0,09	0,09
Бегеновая	1,95	0,36	0,21	0,25
Эруковая	59,02	3,17	0,12	6,06
Лигноцериновая	0,74	0,16	0,13	0,13
Селахолевая	1,62	0,62	0,20	0,60
Миристиновая	—	0,05	—	—
Эйкозатриеновая	—	1,33	—	—

Таким образом, агроклиматические условия Крыма позволяют выращивать масличные культуры семейства *Brassicaceae* – горчицу, крамбе абиссинскую, рыжик озимый. Однако уровень урожайности и масличность семян значительно зависят от степени увлажненности вегетационного периода. Конечно, в настоящее время, при довольно низких ценах на энергоносители и когда еще реально не ощущается дефицит источников энергии, увеличения посевных площадей под масличными культурами в Крыму для производства биотоплива ждать не приходится. В то же время, ситуация может измениться, поэтому исследования в этом направлении необходимо проводить уже сейчас. Первые шаги делает и Институт СХ Крыма – расширяется ассортимент исследуемых масличных культур: заложены опыты с новой масличной культурой *Guizotia abyssinica* (гвизотия абиссинская), редькой масличной, горчицей черной и др.

Список литературы:

1. Miguel-Angel Perea-Moreno, Esther Samerón-Manzano, Alberto-Jesus Perea-Moreno Biomass as renewable Energy: Worldwide research trends // Sustainability. 2019. 11(3). 863. DOI: 10.3390 / su11030863
2. Sourcing overseas biomass for EU ambitions: assessing net sustainable export potential from various sourcing countries / Thuy Mai-Moulin [and other] // BIOFUELS BIOPRODUCTS & BIOREFINING-BIOFPR. 2019. Vol. 13, No. 2. P. 293 – 324. DOI: 10.1002/bbb.1853
3. *Jatropha curcas*, L. Pruning Residues for Energy: Characteristics of an Untapped By-Product / Luigi Pari [and other] Energies. 2018. No.11. 1622. DOI: 10.3390/en11071622
4. Biofuels: Environment, technology and food security / Escobar J.C., Lora E.S., Venturini O.J., Yáñez E.E., Castillo E.F., Almazan O. // Renewable and Sustainable Ener-

- gy Reviews. 2009. Vol. 13. No. 6–7. P. 1275–1287. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2008.08.014>
5. Intergovernmental Panel on Climate Change–IPCC. «The physical science basis» Working Group I Report; 2007. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ipcc.ch/> (дата обращения 11.03.2019).
 6. Genetic Diversity and Population Structure of a *Camelina sativa* Spring Panel / Zinan Luo [and other] // *Frontiers in plant Science*. 2019. Vol. 10. No. 184. 20 February. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00184>
 7. Tatsuji Koizumi Biofuels and food security // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2015. Vol. 52. P. 829 – 841. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.06.041>
 8. Прахова Т.Я., Прахов В.А. Масличные культуры семейства *Brassicaceae* в условиях Среднего Поволжья. Монография. Пенза: РИО ПГАУ. 2018. 220 с.
 9. Energy and economic efficiency of *Camelina* and *Crambe* biomass production on a large-scale farm in north-eastern Poland / Mariusz J. Stolarski [and other] // *Energy*. 2018. №150. P. 770–780.
 10. Climate change decreases suitable areas for rapeseed cultivation in Europe but provides new opportunities for white mustard as an alternative oilseed for biofuel production / Rafael Jaime, Julio M. Alcántara, Antonio J. Manzaneda, Pedro J. Rey // *Plos*. 2018. November 5. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0207124>
 11. Павленко К.С. Фармакогностическое изучение рыжика озимого (*Camelina silvestris*): дис. ... канд. фарм. наук. Самара. 2014. 145 с.
 12. Томашов С. Рекомендации по выращиванию озимого рапса в Крыму. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://agrocart.com/2204/rekomendacii-povyrahhivaniyu-ozimogo-rapsa-v-krymu> (дата обращения 28.03.2019).
 13. Melese Tesfaye Firrisa, Iris van Duren, Alexey Voinov Energy efficiency for rapeseed biodiesel production in different farming systems // *Energy Efficiency*. 2013. Vol. 7. Iss. 1. P. 79–95.
 14. Черкашина А.А. Агроклиматические особенности возделывания кукурузы в Степной зоне Крыма в условиях изменяющегося климата // Современное состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования: материалы IV Международной научно-практической Интернет-конференции. Соленое Займище. 2019. С. 243 – 253. DOI: 10.26150/PAFNC.2019.45.557-1-047

**POSSIBILITY OF CULTIVATION OIL CROPS IN THE FAMILY
BRASSICACEAE IN THE CRIMEA AS A SOURCE OF THE RENEWABLE
ENERGY**

E.L. Turina, E.N. Rostova

*FSBSI “Research Institute of Agriculture of Crimea”, Simferopol, Republic of Crimea,
Russia, 295493; e-mail: turina_e@niishk.ru*

Abstract

Currently, the interest in the crops in the family *Brassicaceae* is increasing. This is due to the fact that these crops can adapt to the conditions of cultivation and can be used in a wide variety of industries including bio-diesel production. The yield of the crops that were grown in the Crimea was the following: *Camelina sylvestris* – 1.59–1.68 t/ha, *Crambe abyssinica* – 1.53–1.64, *Brassica juncea* – 0.72–0.83 t/ha, and *Sinapis alba* – 0.49–0.56 t/ha. The analysis of the fatty acid composition of oilseeds showed that the high content of PAFA (polyunsaturated fatty acids) such as linoleic and linolenic and erucic acid allowed using these crops for technical purposes, as well as for bio-diesel production.

УДК 621.039

БЕНТОНИТЫ РОССИЙСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ИЗОЛЯЦИИ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

Е.А. Тюпина^{1,2}, В.В. Крупская^{3,4}

¹*Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева (РХТУ),
Москва, 125047, Российская Федерация, e-mail: tk1972@mail.ru*

²*Национальный исследовательский ядерный университет "МИФИ",
Москва, 115409, Российская Федерация*

³*Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и
геохимии РАН (ИГЕМ РАН), Москва, 119017, Российская Федерация,
e-mail: krupskaya@ruclay.com*

⁴*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова (МГУ им. М.В.
Ломоносова), геологический факультет, Москва, 119991, Российская Федерация*

Развитие атомной промышленности приводит к накоплению большого количества радиоактивных отходов (РАО), включая и высокоактивные отходы (ВАО). Единственным способом обращения с такими отходами является локализация и размещение их в геологических формациях.

В настоящее время в зарубежных странах проекты создания подобных объектов находятся на различных стадиях реализации – от выбора площадки для строительства до захоронения радиоактивных отходов в глубинных формациях [1]. При этом все зарубежные современные проекты по изоляции радиоактивных отходов в подземных хранилищах предусматривают строительство бентонитовых инженерных изоляционных барьеров [2-5]. Основной функцией барьеров является ограничение контакта техногенных радионуклидов с подземными водами и предотвращение их миграции в окружающей среде. В Российской Федерации в ряде проектов при изоляции радиационно-опасных объектов и выводе из эксплуатации в качестве основного компонента барьерных смесей используются каолиновые глины [6] и планируются к использованию в дальнейшем. Однако, если проанализировать состав и свойства различных групп глинистых минералов, включая каолиновые и бентонитовые глины [7], то мы заметим, что только бентонитовые глины позволяют ограничить доступ подземных вод к радиоактивным отходам, создать условия, при которых массообмен между РАО и подземными водами возможен лишь посредством диффузии, предотвратить поступление радионуклидов в коллоидной форме в подземные воды, обеспечить эффективную сорбцию радионуклидов после вероятной разгерметизации контейнера с РАО, запечатать открытые трещины и крупные поры в горных породах за счет высокой набухаемости, отвести тепло от ВАО в окружающую геологическую среду.

В данной работе рассмотрены основные характеристики природных и подверженных термохимическому воздействию (имитирующему разрушение структуры глины под воздействием неблагоприятных факторов в хранилище РАО) образцов бентонитовых глин наиболее перспективных Российских месторождений.

Запасы бентонитового сырья высокого качества, представленного в настоящий момент на российском рынке, достаточно высоки: более 10 млн т Na-Ca-бентонитов в республике Хакасия на трех месторождениях (10-й Хутор, Карасукское, Бентойское), 22 млн т Са-Mg-бентонитов в Курганской области (Зырянское) [7]. Качество бентонитового сырья обеспечивается содержанием и структурными особенностями основного полезного компонента – монтмориллонита. Содержание монтмориллонита может варьировать в бентонитовых глинах от 65 % (Зырянское) до 75-80 % (10-й

Хутор). Бентонитовое сырье добывается на карьерах селективно, что позволяет получать продукты с задаваемым качеством. Таким образом, можно с уверенностью утверждать, что запасов бентонитового сырья разного качества на рынке РФ достаточно для решения всех вопросов по обращению с РАО.

Образцами для исследования послужили порошки природных бентонитовых глин месторождений Дашковское (г. Серпухов, Московская область), 10-й Хутор (республика Хакасия) и Зырянское (Курганская область). Эксперименты по термохимическому воздействию проводили в растворе 13М азотной кислоты (HNO_3) при температуре 90°C в течение 5-ти часов в соотношении твердой и жидкой компоненты 1:6. Исходные образцы и образцы после обработки растворами кислот анализировали комплексом методов, который включал рентгеновскую дифрактометрию, инфракрасную спектроскопию, сканирующую электронную микроскопию, рентгенофлюоресцентный анализ, масс-спектрометрию с индуктивно связанной плазмой (ИСП-МС), измерение площади поверхности и микропористости, измерение емкости катионного обмена (ЕКО).

В результате проведенной работы было установлено, что все исследуемые образцы бентонитовых глин, имеют высокие значения емкости катионного обмена (700-800 мг-экв/100г для природных образцов и 500-600 мг-экв/100г для кислотномодифицированных), высокие значения площади удельной поверхности ($50\text{-}70\text{ м}^2/\text{г}$ для природных образцов, $100\text{-}200\text{ м}^2/\text{г}$ для кислотномодифицированных), что является одним из определяющих факторов влияющих на сорбцию радионуклидов. Степень сорбции для всех исследуемых образцов составила высокие значения: ^{233}U – 74-95%, ^{241}Am – 96-99%, ^{137}Cs – 90-99%, ^{90}Sr – 99-99,5%. При этом сорбционная способность кислотномодифицированных образцов всех исследуемых бентонитов выше 90%, что можно объяснить, как более развитой поверхностью химически модифицированных образцов, так и увеличением размера пор вследствие вымывания катионов из октаэдрических позиций в межслоевое пространство в ходе термохимической обработки. Изменения физико-химических свойств бентонитовых глин при обработке растворами неорганических кислот, наблюдаемые различными авторами [8-13] являются результатом структурных преобразований монтмориллонита. В результате воздействия растворов неорганических кислот происходит закономерное изменение химического состава глин, поверхностных свойств, сорбционных характеристик, однако даже при подобном жестком воздействии (13М HNO_3 , 90°C , 5 часов) и частичном разрушении структуры исследуемые бентониты сохраняют значительную часть своих полезных свойств, что говорит об устойчивости бентонитового буфера при возможных нарушениях условий хранения РАО и других непредвиденных обстоятельствах.

Таким образом, при больших запасах сырья требуемого качества, технической возможностью производства компактированного бентонита разных форм и при высоких как изолирующих, так и сорбционных свойствах бентонитовых глин Российских месторождений, их использование в качестве барьерного материала при захоронении РАО является безусловно перспективным.

Эта работа была выполнена при поддержке Российского научного фонда, грант № 16-17-10270.

Список литературы:

1. Обзор зарубежных практик захоронения ОЯТ и РАО — М.: Изд-во «Комтех-принт», 2015. 208 с.
2. Brookins D.G. Geochemical aspects of Radioactive Waste disposal. NY.: Springer-Verlag, 1984. 347 p.
3. Chapman N.A., McKinley I.G. The geological disposal of nuclear waste. Chichester: Willey and Son, 1988. 280 p.

4. Pusch R., Knutsson S., Al-Taie L., Mohammed M. H. Optimal ways of disposal of highly radioactive waste. *Natural Science*, 2012, Vol.4, Special Issue, 906-918 pp.
5. Sellin P., Leupin O. X. The use of clay as an engineered barrier in radioactive-waste management – a review. *Clays and Clay Minerals*, Vol. 61, No. 6, 477–498, 2013.
6. Павлюк А. О., Котляревский С. Г., Беспала Е. В., Захарова Е. В., Ермолаев В. М., Волкова А. Г. Опыт вывода из эксплуатации промышленного уранграфитового реактора ЭИ-2 АО «ОДЦ УГР» // *Материалы V Международной конференции «Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека»*. — Томск, 13—16 сентября 2016 г. — С. 508—512.
7. Крупская В. В., Бирюков Д. В., Белоусов П. Е., Лехов В. А., Романчук А. Ю., Калмыков С. Н. Применение природных глинистых материалов для повышения уровня ядерной и радиационной безопасности объектов ядерного наследия // *Радиоактивные отходы*. — 2018. — № 2 (3). — С. 30—43.
8. Kheok S.C., Lim E.E. Mechanism of palm oil bleaching by montmorillonites clay activated at various acid concentrations. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 59, 129–131, 1982.
9. Zakusin S.V., Krupskaya V.V., Dorzhieva O.V., Zhukhlistov A.P., Tyupina E.A. Modification of adsorption properties of montmorillonite by the thermochemical treatment. *Sorption and chromatographic processes* 16 (6), 281–289, 2015.
10. Tomić Z.P., Antić Mladenović S.B., Babić B.M., Poharc Logar V.A., Đorđević A.R., Cupać S.B. Modification of smectite structure by sulfuric acid and characteristics of the modified smectite. *Journal of Agricultural Sciences* 56 (1), 25–35, 2011.
11. Krupskaya V., Zakusin S., Tyupina E., Dorzhieva O., Zhukhlistov A., Belousov P., Timofeeva M. Experimental study of montmorillonite structure and transformation of its properties under treatment with inorganic acid solutions. *Minerals* 7(49), 2017. doi:10.3390/min7040049.
12. The influence of acid modification on the structure of montmorillonites and surface properties of bentonites / V. Krupskaya, L. Novikova, E. Tyupina et al. // *Applied Clay Science*. — 2019. — Vol. 172. — P. 1–10.
13. Преобразование структуры и адсорбционных свойств монтмориллонита при термохимическом воздействии / В. В. Крупская, С. В. Закусин, Е. А. Тюпина и др. // *Геохимия*. — 2019. — Т. 64, № 3. — С. 300–319.

BENTONITES OF RUSSIAN DEPOSITS AS A PERSPECTIVE MATERIAL FOR ISOLATION OF RADIOACTIVE WASTES

Е.А. Тюпина^{1,2}, В. В. Крупская^{3,4}

¹*D. Mendeleev University of Chemical-Technology of Russia, Moscow, 125047, Russian Federation, e-mail: tk1972@mail.ru*

²*National Research Nuclear University “MEPhI”, Moscow, 115409, Russian Federation*

³*Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy and Geochemistry (IGEM) RAS, Moscow, 119017, Russian Federation, e-mail: krupskaya@ruclay.com*

⁴*Lomonosov Moscow State University, Geological Faculty, Moscow, 119991, Russian Federation*

Abstract

The prospects of using bentonite clays from Russian deposits as a barrier material for disposal of radioactive waste are shown, given the large supply of raw materials of required quality, the technical ability to produce compacted bentonite of various forms and high both insulating and sorption properties with respect to radionuclides.

ИСТОЧНИКИ ПРИРОДНЫХ И ИСКУССТВЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ НА АРХИПЕЛАГЕ ШПИЦБЕРГЕН

И.С. Усягина, Г.В. Ильин, Н.И. Мещеряков, Д.А. Валуйская

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Мурманский морской биологический институт Кольского научного центра Российской академии наук, Мурманск, 183010, Российская Федерация, e-mail: usjagina@mmbi.info

Одним из главных факторов, определяющих радиоактивное загрязнение удаленных от источников районов, например, экосистем арктических архипелагов, является атмосферный перенос радионуклидов. Интерес к архипелагу Шпицберген как к модельному объекту для изучения этого процесса значительно возрос после обнаружения в 2011 г. в составе в аэрозольной пыли радионуклидов, типичных для выбросов японской АЭС «Фукусима-1» [1]. В связи с повышением среднегодовых температур и, как следствие, интенсивным таянием ледников на Шпицбергене, повышается риск вторичного поступления в морскую среду техногенных изотопов, накопившихся на территории архипелага в период испытаний атомного оружия в середине XX века.

Цель настоящей работы – оценить радиоактивное загрязнение элементов водных и наземных сред архипелага Шпицберген в зоне влияния талых ледниковых вод и вероятность поступления радионуклидов в морскую среду.

Для выполнения поставленной цели отбирали пробы воды, почвы и растительности (мохообразных) в зоне влияния ледника Западный Гренфьорд (о-в Западный Шпицберген) и анализировали их на содержание природных и техногенных гамма-изотопов.

Водную среду исследовали на модельном объекте – озере Бретьорна. Водоём приурочен к краевой зоне ледника Гренфьорд. Котловина озера выработана в результате пульсации ледника во время Малого ледникового периода 700-100 лет назад [2]. Современное очертание озера приобрело приблизительно 80 лет назад, к этому времени можно отнести и начало осадконакопления в водоёме. В настоящее время ледники Западный и Восточный Гренфьорд разгружают свои талые воды в озеро. Из озера Бретьорна вытекает одноимённая река Бретьорна, которая впадает в залив Гренфьорд. Объём озера оценивается 17,5 млн м³, площадь составляет 1,52 км² [2]. Рельеф дна имеет форму чаши, максимальная глубина 25 м.

Для оценки миграционных потоков радионуклидов в озере Бретьорна были отобраны и проанализированы пробы поверхностного слоя воды в районе стока талых ледниковых вод (ст. 8), на границе озера с рекой (ст. 3,4,5), в месте впадения реки в залив (ст. 2), в заливе Гренфьорд (ст. 1), а также придонного слоя воды в центре озера (ст. 6,7). Атмосферный перенос оценивался по интегральной пробе атмосферных осадков, собранных в районе ледника Западный Гренфьорд. Схема отбора проб показана на рис. 1.

В сентябре 2017 г. концентрация ¹³⁷Cs в поверхностных водах озера и реки Бретьорна была ниже чувствительности прибора к данному изотопу (< 0,1 Бк/м³). ¹³⁷Cs достоверно идентифицирован только в спектрах счетных образцов проб, отобранных в центре озера на глубинах 5 м и 15 м (ст. 6,7), объёмная активность составляла в среднем 0,10±0,05 Бк/м³. Значимое увеличение содержания ¹³⁷Cs в поверхностных водах отмечалось только в заливе Гренфьорд Гренландского моря (ст. 1) и составляла 2,5±0,3 Бк/м³.

Анализ интегральной пробы атмосферных осадков, собранных в районе ледника Западный Гренфьорд, также показал низкий уровень загрязнения ¹³⁷Cs (0,10±0,05 Бк/м³), совпадающий со значениями, обнаруженными в речных и озерных водах. В

период исследования запас воды в озере формировался преимущественно из атмосферных осадков. Общее количество осадков, выпавших в районе Баренцбурга с 29 августа по 3 сентября, составило 30,8 мм, что является месячной нормой для данного времени года. При этом максимальное количество выпавших осадков пришлось на две даты – это 29 августа (14,4 мм/сут.) и 3 сентября (13,3 мм/сут.) Данные взяты на сайте https://www.yr.no/place/Norway/Svalbard/Isfjord_radio/detailed_statistics.html. Таким образом, полученное содержание ^{137}Cs в поверхностных водах озера Бретьорна отражает фон глобальных выпадений радионуклидов, выпавших на территорию архипелага. Результаты измерений ^{137}Cs в водах реки и озера хорошо согласуются с аналогичными данными современных радиозокологических наблюдений на Севере европейской территории России [3].

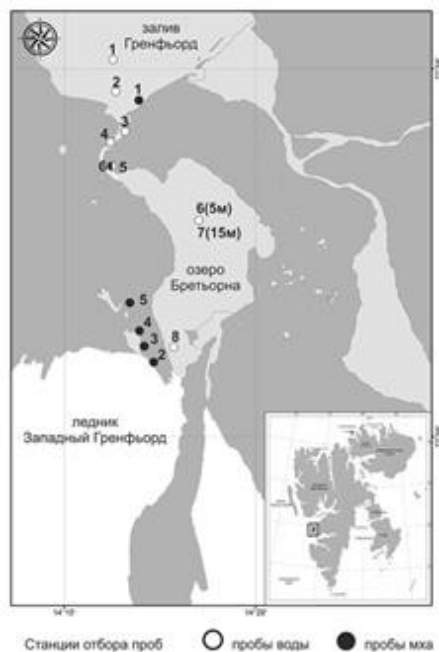


Рис. 1 Карта-схема отбора проб.

Наземная среда оценивалась на примере радиоактивного загрязнения почв и растительности (мохообразных) в зоне влияния талых ледниковых вод (ст. 2,3,4,5) и в районах вне зоны влияния ледников (ст. 1,6).

Отбор проб почвы и растительности проводился в ландшафтах тундровых пустошей на участках, свободных от ледяного покрова, где растительность представлена преимущественно мхами. Мхи произрастали на грунте морены, поверхностях, представленных криоконитом, обломках окружающих горных пород, что характерно для Западного Шпицбергена [4]. Криоконит – это богатая органическим материалом смесь пылеватых и тонких песчаных частиц на поверхности ледников, принесенная ветром [5].

Мох распространен повсеместно на большинстве островов высокоширотных архипелагов, в том числе и на Шпицбергене, и может служить хорошим индикатором процесса аккумуляции как природных радионуклидов в районах, подверженных влиянию талых ледниковых вод, так и осадения техногенных радионуклидов, принесённых в составе атмосферных выпадений. Методы бриоиндикации успешно применялись на загрязненных территориях умеренных широт после аварии на Чернобыльской АЭС [6]. Их эффективность также доказана на примере оценки радиоактивного загрязнения *территорий Урала и Сибири* [7]. Накопление ^{137}Cs в пробах мхов и лишайников тундровых и таежных ландшафтов Западной Сибири в литературе связывалось с закреплением радионуклидов в тканях растений [8].

На рис.2. показано содержание природных радионуклидов ^{40}K , ^{226}Ra , ^{232}Th и техногенного ^{137}Cs в мохообразных Западного Шпицбергена. Результаты измерений, полученные в 2017 г., сравнивали с аналогичными данными 2001-2002 гг. из района г. Конгсфьорд Западного Шпицбергена [9].

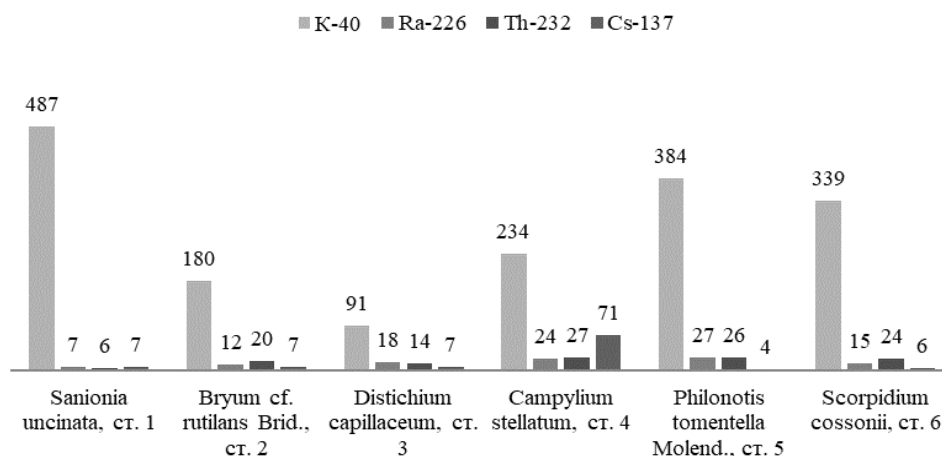


Рис. 2. Удельная активность (Бк/кг) природных радионуклидов ^{40}K , ^{226}Ra , ^{232}Th и техногенного ^{137}Cs в мохообразных Западного Шпицбергена.

В 2001-2002 гг. средняя удельная активность ^{137}Cs верхнем слое почвы (0-3 см) составляла 14 ± 1 Бк/кг ($n=10$), диапазон значений варьировал от 0,9 до 39 Бк/кг сухой массы. В 2017 г. этот показатель был выше – $29,7 \pm 27,8$ Бк/кг ($n=2$). Сравнение средних значений техногенных и природных радионуклидов, полученных из неравнозначных выборок, позволяет проиллюстрировать текущие уровни загрязнения в разные годы, но не дает представления о тенденции многолетних изменений содержания радионуклидов в почвах Западного Шпицбергена.

Выполняя функции сорбирующей поверхности и живого поглотителя, мхи накапливают радионуклиды преимущественно из атмосферных выпадений [10; 11] и, в меньшей степени, из почвы [12; 13].

Впервые в мохообразных Шпицбергена измерена удельная активность природных радионуклидов ^{40}K , ^{226}Ra , ^{232}Th . Необходимость измерений определяется тем, что при добыче угля мелкодисперсная пыль, содержащая данные изотопы, может оседать на поверхности почвы и растительности и приводить к повышению в них доз облучения [12]. Сравнение полученных результатов с данными измерений естественной радиоактивности во мхах различных природно-климатических зон Западно-Сибирской равнины не выявило повышенных уровней и риска облучения наземной среды [12].

В настоящей работе показана накопительная способность мохового покрова Шпицбергена по отношению к ^{137}Cs , поступающему на земную поверхность из глобальных выпадений. Сопоставление содержания ^{137}Cs в мохообразных в 2017 г. со значениями радионуклида в тех же видах, найденных на архипелаге Шпицберген в 2001-2002 гг. [9] выявило снижение удельной активности. В 2001-2002 гг. были обнаружены значительные межвидовые различия в накоплении ^{137}Cs у разных мхов, тогда как для тех же таксонов в 2017 г. характерны сходные уровни загрязнения (4,2 - 7,4 Бк/кг) за исключением пробы, отобранной на ст. 4 ($70,6 \pm 7,7$ Бк/кг). За прошедший период удельная активность ^{137}Cs во мхах рода *Distichium* снизилась в 30 раз, порядка *Bryum* - в 20 раз и вида *Sanionia uncinata* - в 15 раз (рис. 3). Полученный результат отражает современную тенденцию снижения уровня глобальных выпадений радионуклидов в Арктике [14].

Подобные результаты были получены при исследовании возможности поступления в Карское море техногенных радионуклидов, накопившихся в ледниках Новой

Земли после ядерных испытаний в середине XX в. Модельным объектам был выбран ледник Северный ледниковый купол (СЛК), на поверхность которого выпала большая часть техногенных изотопов в составе атмосферных осадков. В приледниковой зоне СЛК выявлены повышенные уровни ^{137}Cs в ледниковых кернах (450–640 Бк/кг), почвах (450 Бк/кг) и мхах (610 Бк/кг). Однако, по мнению авторов, поступлению техногенной активности из талых вод СЛК в морскую среду Карского моря препятствуют ландшафты тундровых пустошей, на которых находится край купола [15].

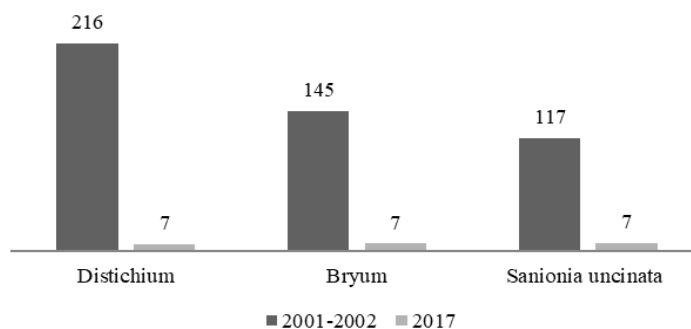


Рис. 3. Удельная активность (Бк/кг) техногенного ^{137}Cs в пробах мохообразных в 2001-2002 гг. и 2017 г.

Таким образом, проведенное исследование радиоактивного загрязнения озера Бретьорна, расположенного в зоне влияния талых вод ледника Западный Гренфьорд, выявило низкое содержание ^{137}Cs в поверхностных водах водоема, сопоставимое с активностью радионуклида в атмосферных осадках и талых ледниковых водах. Значительное повышение объемной активности изотопа, обнаруженное в водах залива Гренфьорд, указывает на трансокеанический, а не ледниковый, источник поступления радионуклидов в прибрежье Западного Шпицбергена. В 2017 г. удельная активность техногенного ^{137}Cs в почве у края ледника Западный Гренфьорд была в два раза выше, чем в почве, отобранной в 2001 г. в заливе Конгсфьорд, Западный Шпицберген. Мохообразные, произрастающие у края ледника Западный Гренфьорд, накопили ^{137}Cs в 1,5-2 раза ниже, чем почвенный покров, за исключением одного вида – *Campyllum stellatum* (Hedw.).

Выражаем признательность за определение таксономической принадлежности мхов Белкиной О. А., Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н.А. Аврорина Кольского НЦ РАН, лаборатория флоры и растительных ресурсов.

Список литературы:

1. Матишов Г.Г. К оценке воздействия аварийных выбросов АЭС “Фукусима-1” на моря западной Арктики (на примере Баренцева моря) / Г.Г. Матишов, Г.В. Ильин, Н.Е. Касаткина, И.С. Усягина, Е.В. Павельская // Доклады Академии наук. – 2012. – Т. 446. – № 4. – С. 448.
2. Кокин О.В. Подводный рельеф и донные отложения приледникового озера Ледовое (Западный Шпицберген) / О.В. Кокин, Г.А. Тарасов // Комплексные исследования природы Шпицбергена, 2008. – М.: ГЕОС. – Вып. 8. – С. 173 – 177.
3. Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств в 2016 г. Ежегодник / Ред. В.М. Шершаков, В.Г. Булгаков, И.И. Крышев, С.М. Вакуловский, М.Н. Каткова, В.М. Ким, А.И. Крышев // Обнинск: НПО “Тайфун”. – 2017. – 398 с.
4. Porter P. R., Sediment-moss interactions on a temperate glacier: Falljo-kull, Iceland / P.R. Porter, A.J. Hodson, A.J. Evans, A.T. Lowe, M.D. Crabtree // Annals of Glaciology. – 2008. – Vol. 48. – P. 25 – 31.
5. Белкина О.А. Мхи на ледниках Шпицбергена / О.А. Белкина, Б.Р. Мавлюдов // Ботанический журнал. – 2011. – Т. 96. – № 5. – С. 582 – 596.

6. Шматова Л. М. Бриоиндикация состояния лесных экосистем района опасных техногенных объектов / Л. М. Шматова // Диссертация ... канд. биол. наук. – Брянск. – 2012. – 204 с.
7. Нифонтова М.Г. Лихено- и бриоиндикация радиоактивного загрязнения среды / М.Г. Нифонтова // Автореферат диссертации докт. биол. наук. – Екатеринбург, 2003. – 50 с.
8. Щербов Б.Л. Сравнительная характеристика современного радиоактивного загрязнения территорий Западной Сибири, прилегающих к Семипалатинскому и Новоземельскому полигонам (на примере Алтая и Пур-Тазовского междуречья) / Б.Л. Щербов, В.Д. Страховенко, И.Н. Маликова, Ф.В. Сухоруков, А.С. Степин, Л.П. Осипова // Сибирский экологический журнал. – 2000. – № 1. – С. 51–60.
9. Gwynn J.P. The radiological environment of Svalbard / J.P. Gwynn, M. Dowdall, C. Davids, R.G. Selnés, B. Lind // Polar Research. – 2004. – Vol. 23(2). – P.167–180.
10. Рыжакова Н. К. Способ оценки загрязнения атмосферного воздуха тяжелыми металлами и другими химическими элементами с помощью эпифитных мхов / Н.К. Рыжакова, Н.С. Рогова, А.Л. Борисенко, В.Г. Меркулов // Патент на изобретение № 2463584 от 2011 г.
11. Belivermis M. Radioactivity measurements in moss (*Hypnumcupressiforme*) and lichen (*Cladoniarangiformis*) samples collected from Marmara region of Turkey / M. Belivermis, Y. Çotuk // Journal of Environmental Radioactivity. – 2010. – Vol. 101. – P. 945-951.
12. Рыжакова Н.К. Изучение аккумуляционной способности сфагновых мхов относительно долгоживущих изотопов / Н.К. Рыжакова, Л.Г. Бабешина, Н.С. Рогова // Химия растительного сырья. – 2011. – № 1. – С. 163 – 167.
13. Dragovic S. Quantification of transfer of ^{238}U , ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K and ^{137}Cs in mosses of a semi-natural ecosystem / S. Dragovic, N. Mihailovic, B. Gajic // Journal of Environmental Radioactivity. – 2010. – Vol. 101. – P. 159 – 164.
14. Zaborska A. Sources of ^{137}Cs to an Arctic fjord (Hornsund, Svalbard) / A. Zaborska // Journal of Environmental Radioactivity. – 2017. – Vol. 180. – P.19 – 26.
15. Мирошников А. Ю. Радиоэкологические исследования на севере архипелага Новая Земля / А. Ю. Мирошников, Н. П. Лаверов, Р. А. Чернов, А.В. Кудиков, А.А. Усачева, И.Н. Семенов, Р.А. Алиев, Э. Э. Асадулин, М.В. Гаврило // Океанология. – 2017. – т. 57, № 1. – С. 227 – 237.

SOURCES OF NATURAL AND ARTIFICIAL RADIONUCLIDES ON SPHITZBERG ARCHIPELAGO

I.S. Usyagina, G.V. Il'in, N.I. Meshcheryakov, D.A. Valujskaya
*Murmansk Marine Biological Institute of the Kola Science Center
of the Russian Academy of Sciences, Murmansk, 183010, Russia,
e-mail: usjagina@mmbi.info*

Abstract

The relevance of the study of natural and artificial radionuclides in the high-latitude Arctic is caused by changes in temperature and the current trend towards melting of the ice cover, in which the accumulated atmospheric fallout of radionuclides in the glacier can again fall into the environment. The content of gamma-emitting radionuclides - ^{137}Cs in the waters of the lake and the river Bretjorn, Grenfjord Bay, as well as natural ^{40}K , ^{226}Ra , ^{232}Th in the soil and vegetation of the moraine complex of the West Grenfjord glacier was determined. The results of the research give new ideas about the long-term effects of air transport of radioactive elements in the Arctic aquatic and terrestrial ecosystems and the process of bioaccumulation of anthropogenic and natural radionuclides in areas affected by glacial melt water.

УДК 543.57

УСЛОВИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ ХЛОРЦИНКОВОЙ АКТИВАЦИИ ОБОЛОЧЕК СЕМЯН МАНГО

**А.А. Уханова, Зин Мое, Наннг Линн Сое, Со Вин Мьинт, А.В. Нистратов,
В.Н. Клушин**

*Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева,
г. Москва, 125047, Миусская пл, 9, Россия, e-mail: dvk1971april@mail.ru*

При переработке плодов манго на консервных предприятиях и в ряде учреждений общественного питания республики Союз Мьянма образуются отходы в виде кожуры этих фруктов и называемых в ансамбле косточками семян и их оболочек. Последние, судя по литературным данным [1-3], могут представлять собой достаточно качественное сырье для получения углеродных адсорбентов типа активных углей.

Около 200 сортов манго возделывают в странах Юго-восточной Азии уже свыше 8 тыс. лет [4, 5]. Масса плодов этой культуры обычно находится в пределах примерно 200-400 г, хотя может достигать и 2 кг, а средняя урожайность составляет 40-70 ц с гектара. Общая территория выращивания манго в Мьянме близка 70 тыс. га (данные 2010-2011 годов) [6].

Рис. 1 и 2 – продольный разрез плода манго небольшого размера и внешний вид его семенной косточки. Содержание семян в плодах разных сортов манго составляет от 9 до 23 % от их массы, а масса ядер в семенах колеблется от 45,7 до 72,8 %.



Рис. 1. Разрезанный плод манго



Рис. 2. Косточка манго

Внутри косточки плода манго находится двудольное плоское семя, которое может быть моно- или полиэмбриональным, давая, соответственно, один или несколько всходов. Размер семян - от 5 до 10 см. Семя частично прикрыто плотно прилегающей и охватывающей ядро, похожей на пергаментную бумагу, коричневой оболочкой-мембраной, как это видно на рис. 3.



Рис. 3. Семя манго в оболочке

Внутри каждой оболочки (мембраны) семян толщиной 1-2 мм находится тонкая подкладка, покрывающая эмбрион длиной 4-7 и шириной 3-4 см.

Уровень современного мирового производства манго характеризуют 23,5 млн. т в год и продолжает достаточно стабильно возрастать ввиду уникальных свойств плодов этого фрукта [7]. Переработка и использование плодов любого из сортов этой культуры приводит к образованию сотен тысяч т в год отходов в виде семян и их оболочек [8].

Имеющиеся публикации свидетельствуют о переработке оболочек семян манго в активные угли преимущественно методом химической активации с использованием хлорида цинка [9, 10]. Именно эта технология использована в работе применительно к указанным отходам Мьянмы, причем эксперимент начат с массового соотношения пропитки $ZnCl_2$:сырье = 3:1 (сырье в абсолютно сухом состоянии), рекомендованного авторами названных выше публикаций и обеспеченного суточной длительностью контакта раствора соли с сырьем в виде фрагментов воздушно-сухих оболочек семян манго размером 8x8x1 мм. Полученные адсорбенты отмывали горячим раствором 0,1 N HCl, затем горячей и холодной дистиллированной водой. Отмытые угли высушивали до постоянной массы при 100-105 °С, после чего охлаждали и анализировали, определяя суммарную пористость по воде (V_{Σ}), объемы сорбирующих пор (V_s) по парам воды, четыреххлористого углерода и бензола, а также поглотительную способность по йоду (J) и красителю метиленовому голубому (МГ). Результаты последовательно выполненных серий опытов представлены в табл. 1.

Таблица 1

Влияние управляющих параметров пиролиза на поглотительную способность угля хлорцинковой активации

Параметр и его значение	V_{Σ} , см ³ /г	V_s , см ³ /г, по парам:			Величина поглощения:	
		H ₂ O	CCl ₄	C ₆ H ₆	J, %	МГ, мг/г
Интенсивность нагревания, °С/мин						
5	0,58	0,17	0,17	0,18	35,35	14,55
10	0,53	0,16	0,21	0,23	43,09	15,64
15	0,53	0,37	0,44	0,40	57,15	63,72
20	0,53	0,43	0,41	0,45	54,23	45,13
Конечная температура, °С						
550	0,96	0,19	0,35	0,23	46,43	31,33
600	1,11	0,37	0,44	0,40	57,15	63,72
650	1,09	0,30	0,30	0,35	46,89	30,13
Время выдержки, мин						
0	1,10	0,36	0,47	0,44	70,77	16,28
15	1,04	0,29	0,50	0,50	71,05	24,18
30	1,11	0,33	0,41	0,40	56,50	63,80
45	0,95	0,47	0,47	0,51	71,03	22,54
60	1,13	0,50	0,50	0,42	67,04	47,93
120	1,26	0,52	0,52	0,51	63,25	41,08
Соотношение масс $ZnCl_2$ и сырья						
2:1	0,76	0,32	0,27	0,42	37,98	17,46
3:1	1,10	0,36	0,47	0,44	70,77	16,28

Экспериментальная серия № 1 выполнена при нагревании сырьевого образца до 600 °С с последующей изотермической выдержкой в течение 30 мин. По ее результатам очевидна рациональность интенсивности нагревания, составляющей 15 °С/мин. Именно с этой скоростью нагревали образец до различных температур с той же длительностью изотермической выдержки в серии экспериментов № 2, по итогам которой оптимальной констатирована температура 600 °С. Завершающая серия опытов (№ 3) проведена при нагревании того же сырьевого образца с интенсивностью 15 °С/мин до 600 °С без изотермической выдержки и при ее различной длительности. Ее результаты свидетельствуют об отсутствии необходимости сколько-либо длительного выдерживания образца при конечной температуре. В серии № 4 экспериментов, характеризуемой интенсивностью нагревания 15 °С/мин до 600 °С без изотермической выдержки, сопоставлены результаты пиролиза сырьевых образцов с соотношением пропитки 2:1 и 3:1, указывающие на преимущество использования последнего. Таким образом, оптимальные условия пиролитической переработки на активные угли оболочек семян манго, импрегнированных ZnCl₂, представляют соотношение пропитки 3:1 и нагрев со скоростью 15 °С/мин до конечной температуры 600 °С без изотермической выдержки.

Сопоставление охарактеризованных показателей и величины выхода активного угля хлорцинковой активации (около 68 % масс. по отношению к высушенному импрегнату) с таковыми активного угля, полученного в работе [11] путем пиролиза воздушно-сухих фрагментов оболочек семян манго и активации его карбонизата водяным паром (выход к сырью ~10,1 %), указывает на существенное превосходство как величины выхода первого из них, так и показателей его качества, как адсорбента.

Список литературы:

1. Ali Mohammad, Mohammad Ajmall, Rehana Yousuf & Anees Ahmedb, Adsorption of Cu(II) from water on the seed and seed shell of *Mangifera indica* (Mango). // *Indian Journal of chemical technology*. Vol. 4, September 1997, p. 233-227.
2. Akpen G.D., Nwaogazie I.L., Leton T.G. Optimum condition of color removal from waste water by mango seed shell based activated carbon // *Indian Journal of Science and Technology*, 2011, vol. 4, No. 8, p. 890-894.
3. M. K. Rai, G. Shahi, V. Meena, R. Meena, S. Chakraborty, B. N. Rai, R. S. Singh, Preparation and characterization of activated carbon from mango seed kernel for heavy metal removal from aqueous solution. [Электронный ресурс] режим доступа: <https://www.researchgate.net/publication/310369535> (дата обращения: 09.8.2017).
4. Манго индийское [Электронный ресурс] режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D0...> (дата обращения: 29.09.2017).
5. Манго: дерево-долгожитель и «стахановец»-производитель [Электронный ресурс] режим доступа: https://www.greeninfo.ru/artcafe/cookery/exotic_foods/mango-derevo... (дата обращения: 01.04.2018).
6. Department of Agriculture (DOA). Ministry of Agriculture and Irrigation, Department of Agriculture, Myanmar Horticultural Crops Production Report (2010-2011). [Электронный ресурс] режим доступа: http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/faoweb/docs/MM3/Statements/Myanmar.pdf (дата обращения: 27.10.2018).
7. Сорта и свойства манго [Электронный ресурс] режим доступа: <http://www.activestudy.info/sorta-i-svoystva-mango/> (дата обращения: 01.04.2018).
8. Манго [Электронный ресурс] режим доступа: http://www.tvoysad.com/vidyi_rasteniy/plodovo-yagodnie_kulturyi/tropicheskie_pl... (дата обращения: 01.04.2018).
9. Akpen G.D., Nwaogazie I.L., Leton T.G. Adsorption characteristics of mango (*Mangifera indica*) seed shell activated carbon for removing phenol from wastewater // *Journal of Applied Science and Technology*, 2014, vol. 19, № 1 и 2, p. 43-48.

10. Shashikant.R.Mise, Smita G Jagannath. Adsorption studies of colour removal by activated carbon derived from mangifera indica (mango) seed shell // International Journal of Research in Engineering and Technology, Nov-2013, p. 325-328.
11. Наинг Линн Сое, Зин Мое, Со Вин Мьинт и др. Технологические аспекты и показатели переработки отходов древесины железного дерева и оболочек семян манго на углеродные адсорбенты / Химическая промышленность сегодня, 2018, № 4, с. 28-34.

**CONDITION AND RESULTS OF ZINC CHLORIDE ACTIVATION
OF MANGO SEED SHELLS**

**A.A. Ukhanova, Zin Moe, Naing Linn Soe, So Win Myint, A. V. Nistratov,
V.N. Klushin**

*D.I. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia,
Moscow, 125047, Russia, e-mail: dvk1971april@mail.ru*

Abstract

Wastes from mango fruits processing and the extent of their formation are characterized. The rational conditions of pyrolysis of impregnated mango seed shells with zinc chloride, the components of these wastes, which generated in the food production of Myanmar, are studied. Technical indicators of activated carbons obtained from this raw material using steam and zinc chloride activation are compared.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ШИРИНЫ ОБЛАСТИ ГОМОГЕННОСТИ НЕСТЕХИОМЕТРИЧЕСКИХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ СУЛЬФИДОВ КАДМИЯ И СЕРЕБРА

Ю.Н. Ушакова¹; Л.А. Калинина²; М.А. Пентин³;

Т.В. Михайличенко⁴; Е.В. Кошелева⁵

ФГБОУ ВО ВятГУ, г. Киров, 610000, Россия,

e-mail: ¹ushakova@vyatsu.ru, ²kla500@yandex.ru, ³lab230@rambler.ru,

⁴tv_mihailichenko@vyatsu.ru, ⁵kosh.katya@mail.ru

Сульфид кадмия и сульфид серебра являются узкозонными полупроводниками, для которых характерна ярко выраженная связь между их электрофизическими свойствами и величиной отклонения от стехиометрии. Сульфид серебра является одно-сторонней фазой переменного состава, хотя данные ряда авторов [1-3] считают сульфид серебра фазой с избытком серебра – $Ag_{2+\delta}S$, а по данным [4] – это фаза с дефицитом серебра $Ag_{2-\delta}S$. Однако мнения всех авторов сходятся в одном: $Ag_{2+\delta}S$ – является полупроводником n-типа.

Сульфид кадмия интересен уникальными фотоэлектрическими свойствами [1,2], хотя сведения о типе проводимости, а, следовательно, о характере и ширине области гомогенности, неоднозначны. Поэтому получение нестехиометрических соединений с заданными свойствами, отвечающими определенному составу, используя только имеющиеся в литературе данные, весьма затруднительно. Методом, позволяющим достаточно точно определить протяженность области гомогенности, получая последовательно соединения с заданным составом, является комбинированный метод кулонометрического изменения состава нестехиометрических соединений с одновременным измерением ЭДС в электрохимических ячейках с твердоэлектролитными мембранами [5,6].

В работе рассматривается возможность определения характера нестехиометрии и протяженности области гомогенности полупроводниковых сульфида серебра и сульфида кадмия методом кулонометрического титрования в твердофазных ячейках с твердым электролитом (ТЭ). Одновременно решается задача апробирования в качестве сульфидпроводящей мембраны нового композиционного твердого электролита CaY_2S_4 -20 мол.% ZrS_2 , неоспоримым преимуществом которого является высокая электропроводность, на два порядка превышающая электропроводность известных гомогенных сульфидпроводящих ТЭ [7]. Высокая ионная проводимость ионселективной мембраны необходима во избежание поляризации электродов для того, чтобы процесс электролиза протекал в кинетической области [8]. Электродом – донором серы служил сульфид свинца с добавкой 1-2 мол.% серы. При выведении серы из исследуемых полупроводниковых сульфидов в качестве электрода – приемника серы использовали сульфид свинца с избытком 1-2 мол.% свинца. Эти электроды были апробированы нами в работе [9]. Там же приведена методика их изготовления.

Для проведения кулонометрического титрования использовали электрохимическую ячейку с разделенным газовым пространством. Процесс проводили в температурном интервале 593-723 К, являющимся электролитическим для композита.

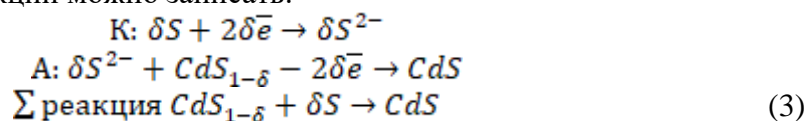
(-) C / PbS, S / CaY_2S_4 – 20 мол.% ZrS_2 / MeS с дефицитом серы / C (+) (1)

(-) C / MeS с избытком серы / CaY_2S_4 – 20 мол.% ZrS_2 / PbS, Pb / C (+) (2)

В ячейке (1) происходил ввод серы в исследуемый нестехиометрический сульфид (MeS) с дефицитом серы, в ячейке (2) – вывод серы из (MeS) с избытком серы. Для ячеек (1) и (2), при условии униполярной сульфидионной проводимости мем-

браны, характерно катодное растворение серы, а анодный процесс сводится к взаимодействию серы с избытком металла анода.

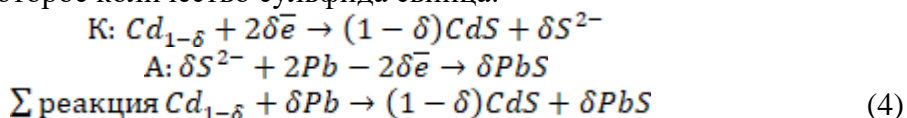
Исходный сульфид кадмия, обработанный светом, характеризовался дефицитом в подрешетке серы ($CdS_{1-\delta}$). Для получения нестехиометрического сульфида кадмия необходимо было вводить серу в $CdS_{1-\delta}$, являющийся анодом в ячейке (1). Потенциал- и токообразующие реакции можно записать:



ЭДС ячейки (1) связана с изменением ΔG процесса растворения серы в нестехиометрическом сульфиде кадмия.

Дальнейшее введение серы в сульфид кадмия приводит к образованию сульфида с избытком серы, соответствующему дефициту в подрешетке свинца.

Вывод серы из нестехиометрического сульфида кадмия с дефицитом в подрешетке кадмия (избыток серы) проводили в ячейке (2). Электродные процессы также приводят к образованию нестехиометрического сульфида кадмия. Однако кроме CdS образуется еще некоторое количество сульфида свинца:



Несмотря на то, что ЭДС ячейки (2) связана со свободной энергией образования двух сульфидов, полученные данные позволяют определить величину отклонения от стехиометрии и протяженность области гомогенности.

Величину отклонения от стехиометрии (γ) сульфида кадмия рассчитывали по уравнению:

$$\gamma = \frac{\Delta m}{m_{CdS}} M_{CdS}, \quad (5)$$

где $m(CdS)$ – масса образца;

Δm – изменение образца в результате титрования;

$M(CdS)$ – относительная молекулярная масса сульфида кадмия.

Введение серы в $CdS_{1-\delta}$ (рис.1.) происходит с уменьшением химического потенциала серы и, как следствие, приводит к уменьшению E ячейки (1).

Вывод серы из $Cd_{1-\delta}S$ (рис.2.) связано с увеличением $\Delta \mu_s$ и, как следствие, с увеличением E ячейки (2).

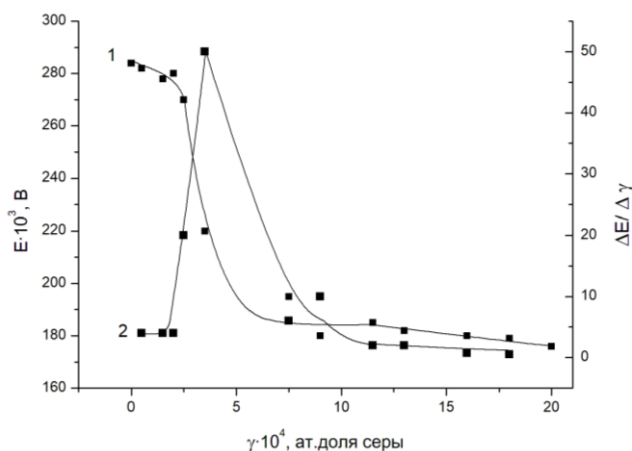


Рис. 1. Интегральная (а) и дифференциальная (б) кривые кулонометрического титрования в ячейке (1), где $MeS - CdS_{1-\delta}$

Абсолютная величина нестехиометрии, т.е. ширина области гомогенности оценивалась по уравнениям:

$$\delta = \Delta y_{max} \frac{A_S}{M_{CdS}} \quad (6)$$

$$\delta' = \Delta y'_{max} \frac{A_{Cd}}{M_{CdS}}, \quad (7)$$

где δ и δ' абсолютные величины нестехиометрии по атомам серы и кадмия, A_S и A_{Cd} – атомные массы серы и кадмия.

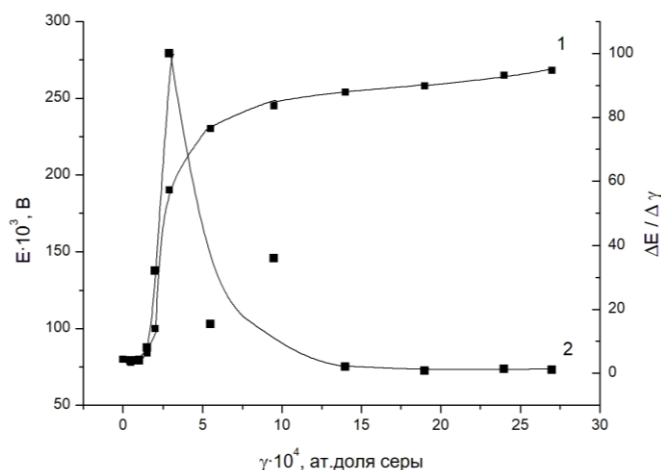
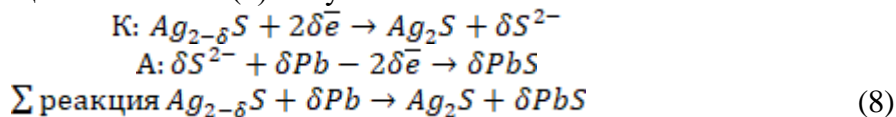


Рис. 2. Интегральная (а) и дифференциальная (б) кривые кулонометрического титрования в ячейке (2), где MeS – Cd_{1-δ}S

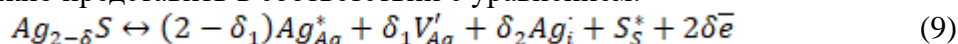
По результатам измерения ЭДС ячейки (1) ширина области гомогенности составила $1,81 \cdot 10^{-4}$ ат. доли серы и $4,18 \cdot 10^{-4}$ ат. доли кадмия. По данным, полученным в ячейке (2), ширина области гомогенности достигает $1,20 \cdot 10^{-4}$ ат. доли серы и $5,69 \cdot 10^{-4}$ ат. доли кадмия. Полученные сведения о характере и протяженности области гомогенности сульфида кадмия сопоставимы с данными, полученными методом кулонометрического титрования с мембраной из гомогенного сульфидпроводящего ТЭ CaY₂S₄ – x мол.% Y₂S₃ [10], и характеризуется тем же порядком величины ширины области гомогенности, что и рассчитанная методом гетерогенных равновесий – $10 \cdot 10^{-4}$ ат. доли серы [11].

Исследование нестехиометрии сульфида серебра (осч) проводили только в ячейке (2) при температуре 613 К и напряжении 1,8 В. Эксперимент в ячейке типа (1) не проводили, так как сульфид с избытком серебра находится в равновесии с серебром, коэффициент диффузии которого очень высок, что приводит к прорастанию дендритов серебра.

Электродные процессы в ячейке (2) могут быть записаны:



Характер кривых кулонометрического титрования (рис.3) подтверждает наличие односторонней области гомогенности с протяженностью $3,26 \cdot 10^{-4}$ ат. доли серебра. Так как по данным [1] сульфид серебра – полупроводник n-типа, процесс дефектообразования можно представить в соответствии с уравнением:



в результате чего, при условии $\delta_2 > \delta_1$, возникают и двигаются свободные электроны.

В таблице 1 представлены данные о ширине области гомогенности сульфида серебра в зависимости от температуры и метода исследования.

На основании проделанной работы можно сделать следующие выводы:

1. Твердоэлектrolитную композиционную мембрану CaY₂S₄ – 20 мол.% ZrS₂ можно рекомендовать для использования в электрохимических ячейках при проведении кулонометрического титрования и получения образцов с заданным составом

нестехиометрических полупроводниковых сульфидов с целью определения ширины области гомогенности.

2. Получены данные о характере нестехиометрии и ширине области гомогенности полупроводникового сульфида кадмия. Подтверждены данные о том, что обработанный светом сульфид кадмия является нестехиометрическим соединением с двусторонней областью гомогенности и вакансионным механизмом дефектообразования: в подрешетке серы – в случае дефицита серы ($CdS_{1-\delta}$) и в подрешетке кадмия – в случае избытка серы ($Cd_{1-\delta}S$).

3. Подтверждено, что сульфид серебра является односторонней нестехиометрической фазой с дефицитом серебра. Полученные данные о ширине области гомогенности сульфида серебра сопоставимы, с учетом температурной зависимости, с данными, полученными с использованием различных мембран для кулонометрического титрования.

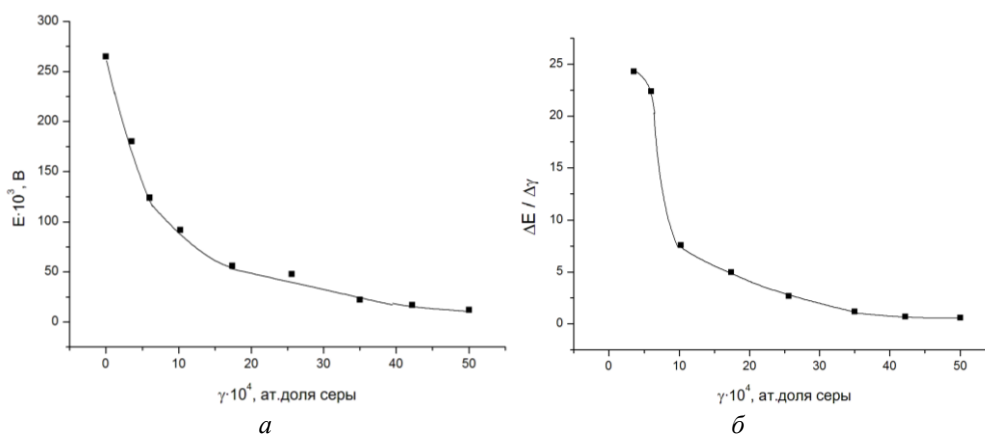


Рис. 3. Интегральная (а) и дифференциальная (б) кривые кулонометрического титрования в ячейке (-) C / $Ag_{2-\delta}S$ / CaY_2S_4 – 20 мол. % ZrS_2 / PbS, Pb / C (+)

Таблица 1

Зависимость ширины области гомогенности $Ag_{2-\delta}S$ от температуры

Температура, К	$\delta \cdot 10^4$ ат. доли серы	Источник литературы	Метод
373	0,12	[12]	Кулонометрическое титрование с серебропроводящим халькогенидным стеклом
603	2,0	[10]	Кулонометрическое титрование с сульфидпроводящим гомогенным ТЭ $CaY_2S_4 - Y_2S_3$
613	3,26	[настоящая работа]	Кулонометрическое титрование с сульфидпроводящим композитом $CaY_2S_4 - 20$ мол.% ZrS_2

Работа выполнена при финансовой поддержке ГЗ № 4.5128.2017/БЧ

Список литературы:

1. Абрикосов Н.Х., Шелимова Л.Е. Полупроводниковые материалы на основе $A^{IV}B^{VI}$ // М.: Наука.- 1975.- 195 с.
2. Зломанов В.П. Нестехиометрия и реакционная способность неорганических соединений. // Соросовский образовательный журнал. - 2001.- т. 7.- № 5.- с. 29-35.
3. Кудряшов Н.И. Нестехиометрия сульфида кадмия // диссертация ... кандидата химических наук: 02.00.01. – Москва. - 1987. - 154 с.
4. Крегер Ф. Химия несовершенных кристаллов // М.: Мир. - 1969.- 456 с.

5. Третьяков Ю.Д. Твердофазные реакции // М.: Химия. - 1978.- 360 с.
6. Б.Ф. Ормонт Соединения переменного состава //М.: Химия. -1969.- 520 с.
7. Кошелева Е.В., Пентин М.А., Калинина Л.А. Михайличенко Т.В., Ушакова Ю.Н. Гетерогенное допирование сульфидпроводящих фаз на основе тиолантанатов кальция и бария // Электрохимия. – 2017.- т.53.- № 7. - с.887-896.
8. Чеботин В.Н., Перфильев М.В. Электрохимия твердых электролитов //М.: Химия. - 1978. – 310 с.
9. Фоминых Е.Г., Калинина Л.А., Ушакова Ю.Н., Широкова Г.И., Б.А. Ананченко Использование сульфидпроводящих твердых электролитов для получения полупроводниковых сульфидов с контролируемым составом и свойствами // Электрохимия. - 2007.- т.43.- № 5.- с.571-577.
10. Михайличенко Т.В., Калинина Л.А., Кошелева Е.В., Пентин М.А., Ушакова Ю.Н. Электрохимический метод исследования термодинамических свойств нестехиометрических сульфидов кадмия и серебра //Вестник ТвГУ. Серия: Химия. - 2017.- №4.- с.102-112.
11. Третьяков Ю.Д. Химия нестехиометрических окислов //М.: МГУ, 1974.- 364 с.
12. Рыкова Т.С. Борисова З.Г., Калинина Л.А., Пазин А.В. Исследование природы проводимости халькогенидных стекол // Тр. междунар. конф. «Стекла и твердые электролиты». СПб, 1999.

**DETERMINATION OF THE WIDTH OF AREA OF HOMOGENEITY
OF NONSTOICHIOMETRIC SEMICONDUCTOR SULPHIDE
OF CADMIUM AND SILVER**

J.N. Ushakova¹; L.A. Kalinina²; M.A. Pentin³; T.V. Mihailichenko⁴; E.V. Kosheleva⁵

Vyatka State University, Kirov, 610000, Russia,

e-mail: ¹ushakova@vyatsu.ru, ²kla500@yandex.ru, ³lab230@rambler.ru,

⁴tv_mihailichenko@vyatsu.ru, ⁵kosh.katya@mail.ru

Abstract

The article considers the possibility of determining the nature of nonstoichiometry and the length of the region of homogeneity of semiconductor silver sulfide and cadmium sulfide by coulometric titration in solid-phase cells with solid electrolyte (SE). At the same time, the task of testing as a sulfide-conducting membrane of a new composite solid electrolyte CaY_2S_4 -20 mol % ZrS_2 is being solved. The coulometric controlled change in the composition of non-stoichiometric $\text{Ag}_{2-\delta}\text{S}$ and $\text{CdS}_{1 \pm \delta}$ was performed in a potentiometric mode in electrochemical cells with a divided space with auxiliary electrodes PbS, S and PbS, Pb. The measuring electrodes were electrodes from the studied non-stoichiometric sulfides; a new composite sulfide-conducting CaY_2S_4 electrolyte - 20 mol% ZrS_2 was tested as a solid electrolyte membrane, the electrical conductivity of which is two orders of magnitude higher than the electrical conductivity of the known homogeneous sulfide-conducting SE CaY_2S_4 - x mol% Y_2S_3 . The high ionic conductivity of the membrane made it possible to avoid polarization of the electrodes, since the process took place in the kinetic region. The obtained results allowed recommending the composite SE CaY_2S_4 - 20 mol.% ZrS_2 for use in electrochemical cells for determining the width of the region of homogeneity of nonstoichiometric semiconductor sulfides. The data confirmed that light-treated cadmium sulfide is a non-stoichiometric compound with a bilateral region of homogeneity and a vacancy mechanism of defect formation: in the sulfur sublattice in the case of sulfur deficiency ($\text{CdS}_{1-\delta}$) and in the cadmium sublattice in the case of sulfur excess ($\text{Cd}_{1-\delta}\text{S}$). It is confirmed that silver sulfide is a unilateral non-stoichiometric phase with a silver deficiency. The obtained data on the width of the region of homogeneity of silver sulfide are comparable, taking into account the temperature dependence, with data obtained using different membranes for coulometric titration.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОПОТРЕБЛЕНИЯ В ЖКХ МЕТОДАМИ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

Н.В. Федорова¹, В.Р. Бундикова¹, А.М. Коломийцева¹, Ю.В. Щеглов¹,
Ю.В. Федоров²

¹ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет
(НПИ) имени М.И. Платова», Новочеркасск, 346428, Россия

²Южный Федеральный Университет, Ростов-на-Дону, 344006, Россия
e-mail: fedorovanvb1@rambler.ru

Введение. Теплопотребление в системе ЖКХ зависит от двух видов показателей – состояния наружного воздуха и требуемых параметров микроклимата в помещении.

Параметры наружного воздуха зависят от региона, времени года, текущей погоды. При этом для ЖКХ в расчет принимается только один показатель – температура наружного воздуха, хотя при проектировании зданий и сооружений учитываются направление и скорость ветра, влажность, облачность, освещенность [1]. Эти же параметры влияют и на ощущения человека, что позволяет говорить об «ощущаемой температуре» [2], которая может значительно отличаться от температуры воздуха.

Регулируемые параметры микроклимата в помещении в значительной степени зависят от типа помещения и регламентируются рядом документов. В частности, для жилых помещений [1, 3] допустимая температура в холодное время года должна находиться в пределах 18-24°C. Устанавливаются базовые значения требуемого сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций и другие параметры [4], определяется порядок расчета показателей [5-7]. Учитываются как потери теплоты (через ограждающие конструкции, теплоизоляцию, с инфильтрацией наружного воздуха), так и дополнительные источники тепловыделений (находящиеся в помещении люди, бытовые приборы, теплопоступления от солнечной радиации).

Моделирование и прогнозирование теплопотребления в системе ЖКХ – многофакторная задача. Как правило, модели строятся с применением уравнений математической физики, основным из которых является

$$Q = c m \Delta t, \quad (1)$$

где Q – расход теплоты на нагрев среды (воды в системе отопления, воздуха в помещении, и т.п.), Дж;

c – удельная массовая теплоемкость (воды, воздуха, др.), Дж/(кг К);

m – масса нагреваемой среды, кг;

Δt – разность между конечной и начальной температурами нагреваемой среды, К.

При необходимости учета многих факторов это уравнение значительно усложняется, увеличивается вычислительная погрешность. К тому же влияющие факторы существенно зависят от местоположения объекта обработки в пространстве и постоянно меняются с течением времени, что еще более снижает точность расчетов.

В последние годы для решения многофакторных, недоопределенных, нестабильных задач начали применять методы нечеткой логики.

Функция принадлежности в нечеткой логике. Нечеткая логика основана на использовании таких оборотов естественного языка, как «далеко», «близко», «холодно», «горячо». Многие современные задачи управления не могут быть решены классическими методами из-за большой сложности математических моделей, их описывающих. Но чтобы использовать теорию нечеткости, необходимы математические преобразования, позволяющие перейти от лингвистических переменных к их числовым аналогам [8]. Характеристикой нечеткого множества выступает функция

принадлежности (MembershipFunction). Обозначим через $MF_c(x)$ степень принадлежности объекта x к нечеткому множеству C , представляющую собой обобщение понятия характеристической функции обычного множества. Тогда нечетким множеством C называется множество упорядоченных пар вида $C = \{MF_c(x)/x\}$, $MF_c(x) \in [0,1]$. Значение $MF_c(x) = 0$ означает отсутствие принадлежности к множеству, 1 – полную принадлежность.

На рис. 1 представлен график функции принадлежности множеству «Необходимость включения системы отопления». По горизонтальной оси отложена температура наружного воздуха, °C, по вертикальной оси – значения степени принадлежности, б/р. Степень принадлежности 1 (температура наружного воздуха ниже 8°C) означает, что система отопления должна быть включена. Степень принадлежности 0 (температура наружного воздуха выше 18°C) означает, что система отопления должна быть выключена. Степень принадлежности $MF_c(x) > 0,5$ означает, что система отопления должна быть скорее включена, чем выключена.



Рис. 1. Функция принадлежности множеству «Необходимость включения системы отопления»

На рис. 2 представлен график функции принадлежности множеству «Влияние ветра на микроклимат в помещении». По горизонтальной оси отложена скорость (наружного) ветра, м/с, по вертикальной оси – значения степени принадлежности, б/р. Степень принадлежности 0 (скорость ветра меньше 2 м/с) означает, что ветер практически не влияет на микроклимат помещения. Степень принадлежности 1 (скорость ветра более 19 м/с) означает максимально возможное влияние ветра. Степень принадлежности $MF_c(x) = 0,5$ означает среднее влияние.



Рис. 2. Функция принадлежности множеству «Влияние ветра на микроклимат в помещении»

Работа системы отопления в отопительный период. Во время отопительного периода систему отопления невозможно выключить, поэтому при кратковременных повышениях температуры наружного воздуха наблюдается перетоп. В лучшем случае в отопительной системе используется устройство («мельница») для смешивания прямой и обратной воды. Котельные агрегаты и система в целом работают с низким КПД.

При понижении температуры осуществляется количественное или качественное (чаще) регулирование. При качественном регулировании при постоянном расходе меняется температура теплоносителя. Изменение температуры производится дискретно (раз в сутки или при значительном резком похолодании). Это позволяет вве-

сти понятие степени похолодания (рис. 3). При снижении температуры ниже критического для региона значения (аномально холодно) возможности системы отопления оказываются исчерпаны, и температура воздуха в помещениях может опуститься ниже допустимых значений.



Рис. 3. Функции принадлежности для различных степеней похолодания

При температуре наружного воздуха 8°C и температуре в помещении 18°C воздух необходимо нагреть на 10°C. При температуре наружного воздуха -19°C (предельно низкая для Ростовской области, согласно нормативным документам), воздух необходимо нагреть на 37°C, т.е. затратить на нагрев в 3,7 раза больше энергии, согласно (1). Соответственно, при температурах 1°C, -6°C и -13°C температурный коэффициент k_{tNAR} (б/р), характеризующий влияние температуры наружного воздуха на отопительную нагрузку, будет равен 1,7; 2,4 или 3,1. Если температура наружного воздуха находится между рассмотренными численными значениями, определим для нее ближайшие температурные отметки $t_{NAR\ MIN} < t_{NAR} < t_{NAR\ MAX}$ и значения функции принадлежности для соответствующих степеней похолодания P_{tMIN} и P_{tMAX} . Температурный коэффициент рассчитаем по формуле

$$k_{tNAR} = k_{tNAR\ MIN} \times P_{tMIN} + k_{tNAR\ MAX} \times P_{tMAX}. \quad (2)$$

Обозначим Q_0 – базовый расход теплоты на отопление (по котельной за расчетный период, G_{kcal} , на $1\ m^2$ отапливаемой площади, Vm/m^2 , или в других единицах измерения), определенный согласно нормативам или по результатам статистической обработки отчетных данных;

$t_{NAR\ 0}$ – базовая температура наружного воздуха, для которой был определен базовый расход теплоты (средняя за отчетный период, нормативная или иная), °C;

$k_{tNAR\ 0}$ – базовый температурный коэффициент, б/р.

Тогда с учетом фактической температуры наружного воздуха прогнозируемый расход теплоты составит

$$Q_{PR\ t} = (Q_0 \times k_{tNAR}) / k_{tNAR\ 0}. \quad (3)$$

Единицы измерения Q_0 и $Q_{PR\ t}$ совпадают.

Согласно [9], расход тепла для зданий при отсутствии ветра и расчетной температуре наружного воздуха t_{nr} составляет около 80% от расхода тепла при расчетной скорости ветра $V_p = 5\ m/c$. Согласно [1, 2], при скорости ветра 19 м/с разница между нормативной температурой в помещении и ощущаемой температурой наружного воздуха увеличивается в 1,5 раза по сравнению с разницей при отсутствии ветра.

Рассмотрим функцию принадлежности для ветра P_v (рис.2) и введем коэффициент влияния ветра на отопительную нагрузку

$$k_{vNAR} = 1 + 0,5 \times P_v, \text{ б/р}. \quad (4)$$

Если известны данные о скорости ветра V_0 , при которой определялось значение Q_0 (нормативные, среднестатистические, иные), и данные о текущей скорости ветра V_{NAR} , то можно определить значения $k_{vNAR\ 0}$ и k_{vNAR} соответственно и внести в прогноз расхода теплоты поправку на скорость ветра по формулам

$$Q_{PR\ v} = (Q_0 \times k_{vNAR}) / k_{vNAR\ 0}, \quad (5)$$

$$Q_{prtv} = (Q_0 \times k_{tNAR} \times k_{vNAR}) / (k_{tNAR0} \times k_{vNAR0}). \quad (6)$$

В табл. 1 представлены некоторые данные о работе тепловых сетей г. Новошахтинск за 2012-2016 г.г.

Таблица 1

Некоторые данные о работе тепловых сетей г. Новошахтинск в 2012-2016 г.г.

№ п/п	Показатель	2012	2013	2014	2015	2016
1	Суммарный фактический объем тепловой энергии, отпущенной населению, тыс. Гкал/год	70,35	60,17	60,61	60,53	57,86
2	Удельная величина потребления тепловой энергии в многоквартирных домах, Гкал на один кв. м общей площади	0,0277	0,0241	0,0247	0,0251	0,0242
3	Отапливаемая площадь, м ²	423023	415685	409728	401653	398796
4	Расчетное значение часовой тепловой нагрузки отопления, Гкал/ч	34,6403	34,6403	34,6403	34,6403	33,67
5	Расчетное значение годовой потребности в тепле, тыс. Гкал/год	66,88	66,88	66,88	66,88	65,62
6	Температура наружного воздуха для проектирования отопления в местности, где расположено здание, согласно СНиП 23-01-99, °С	-22	-22	-22	-22	-19
7	Нормативное количество дней отопительного периода	173	173	173	173	166
8	Фактическое количество дней отопительного периода	173	196	177	186	182
9	Средняя нормативная температура наружного воздуха для отопительного периода, °С	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,1
10	Средняя фактическая температура наружного воздуха для отопительного периода, °С	-1,46	2,76	0,26	1,85	0,83
11	Годовая потребность в тепле в пересчете на фактическую температуру наружного воздуха, тыс. Гкал/год	69,97	62,08	65,26	62,43	68,25
12	Средняя сила ветра в отопительный период, м/с	3,19	3,00	3,54	4,06	4,07
13	Поправка на ветер (функция принадлежности), б/р	0,07	0,06	0,09	0,12	0,12
14	Коэффициент влияния скорости ветра, б/р	1,03	1,03	1,05	1,06	1,06
15	Расчетное значение годовой потребности в тепле с учетом силы ветра, тыс. Гкал/год	69,21	68,85	69,91	70,93	69,62
16	Годовая потребность в тепле в пересчете на фактическую температуру наружного воздуха и с учетом скорости ветра, тыс. Гкал/год	72,41	63,91	68,22	66,21	72,41

Были определены коэффициенты корреляции показателей табл. 1 (табл. 2). Согласно табл. 2, средняя температура (10) и средняя сила ветра (12) за отопительный период практически не коррелируют между собой. Наиболее сильная отрицательная корреляция наблюдается между средней фактической температурой (10) годовой потребностью в тепле, пересчитанной на эту температуру (12). Наблюдается ожидаемая, но слабая обратная корреляция между фактической тепловой нагрузкой и температурой, положительная невысокая корреляция между фактической тепловой нагрузкой и показателями прогнозируемой нагрузки согласно стандартным методикам и согласно предлагаемому подходу. Аномальной оказалась заметная отрицательная корреляция фактической тепловой нагрузки (1 или 4) с силой ветра (12). Это свидетельствует о несовместимости предлагаемого подхода с оценкой среднегодовых показателей, о недостаточной информативности среднегодовых показателей или о больших погрешностях в рассматриваемых статистических данных.

Корреляция показателей работы тепловых сетей с параметрами наружного воздуха

Показатели	Коэффициент корреляции	Показатели	Коэффициент корреляции
1 и 5	0,47	4 и 10	0,01
1 и 10	-0,28	4 и 12	-0,60
1 и 12	-0,52	10 и 11	-0,88
1 и 16	0,39	10 и 12	0,09

Вывод. Применение методов нечеткой логики позволяет более объективно оценить прогнозируемую и фактическую тепловую нагрузку при различном сочетании погодных факторов, а также выявить недостаточную информативность применяемых методик расчета показателей и оценить погрешность статистических данных.

Список литературы:

1. СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99* (с Изменениями № 1, 2). Дата введения 2013-01-01.
2. Климатические данные городов по всему миру [Electronic resource] – Access mode: <https://ru.climate-data.org/> (reference date 25.02.2019)
3. ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. – Дата введения 2013-01-01.
4. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003. Дата введения 2013-07-01.
5. ГОСТ 31168-2003 Здания жилые. Метод определения удельного потребления тепловой энергии на отопление. Дата введения 2003-07-01.
6. ГОСТ Р 56778-2015 Системы передачи тепла для отопления помещений. Методика расчета энергопотребления и эффективности. Дата введения 2016-07-01.
7. СП 23-101-2004. Проектирование тепловой защиты зданий. Дата введения 2004-06-01.
8. Заде, Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений / Л. Заде // М.: Мир, 1976. – 167 с.
9. Дрозд, Д.В. Влияние ветра на микроклимат в помещении / Д.В. Дрозд, Ю.В. Елистратова, А.С. Семиненко // V Междунар. студ. электрон. науч. конф. «Студенческий научный форум 2013». – Современные наукоемкие технологии. – Пенза: Изд. Дом «Академия Естествознания», 2013. – № 8-1. – С. 37-39.

MODELING OF HEAT CONSUMPTION IN HOUSING AND COMMUNAL SERVICES WITH FUZZY LOGIC METHODS

**N.V. Fedorova¹, V.R. Bundikova¹, A.M Kolomiytseva¹, Yu.V. Shcheglov¹,
Yu.V. Fedorov²**

¹*Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI)», Novocherkassk, 346428, Russia*

²*Southern Federal University, Rostov-on-Don, 344006, Russia*

e-mail: fedorovanv61@rambler.ru

Abstract

The work is devoted to building a model of heat consumption in the housing and communal services with the use of fuzzy logic methods. Fuzzy models make it easier to take into account the effect on heat consumption not only of the outside air temperature, but also the strength of the wind and other factors. The use of fuzzy logic methods makes it possible to more objectively present the predicted and actual heat load, to estimate the error of statistical data.

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МОДЕРНИЗАЦИИ СИСТЕМЫ ВОЗДУХОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ НА ПРИМЕРЕ НЭВЗ

Н.В. Федорова¹, Д.А. Шафорост¹, А.В. Нуждин¹, Н.Ю. Курнакова¹, Ф.И. Ушаков¹

¹ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова», Новочеркасск, 346428, Россия

e-mail: fedorovanv61@rambler.ru

Введение. В настоящее время на российских предприятиях стоит проблема повышения конкурентоспособности производимой продукции путем повышения качества и снижения затрат на производство. Одной из главных затратных статей является расход электроэнергии, в том числе, на производство сжатого воздуха, применяемого как рабочая среда в технологических процессах и как энергоноситель [1]. На долю компрессорного хозяйства в машиностроении приходится 20-30% общего расхода электроэнергии предприятия [2]. Сжатый воздух потребляется на машиностроительных предприятиях во всех цехах основного и вспомогательного производства. Увеличение давления воздуха с 5,0 до 6,0 кгс/см² влечет снижение производительности компрессора на 4-7%, затраты энергии на сжатие возрастают на 7-10%. Поэтому выгодно по возможности использовать компрессоры меньшего давления.

Централизованная и децентрализованная системы воздухообеспечения. На большинстве отечественных промышленных предприятий в настоящее время существует *централизованная система* снабжения сжатым воздухом с распределением потоков по магистральным трубопроводам [3]. *Достоинства* данной системы проявляются в полной мере на крупном предприятии при наличии герметичной пневмосети, компактном расположении потребителей сжатого воздуха и близком рабочем давлении воздуха у большинства потребителей. Централизованную систему воздухообеспечения отличает надежность снабжения потребителей сжатым воздухом. *Недостатками* централизованной системы воздухообеспечения являются: значительные потери давления за счет сопротивления воздухопроводов и утечки сжатого воздуха, приводящие к перерасходу электроэнергии привода компрессоров; обмерзание внутренних поверхностей магистралей и нарушение работы пневмоаппаратуры, находящихся на открытом воздухе в холодное время года; вся система работает на одном уровне давления, обычно на максимальном, необходимом для группы потребителей, при понижении давления (дресселировании) часть энергии воздушного потока безвозвратно теряется; необходимость наличия резерва, возникающая из-за плановых ремонтов компрессоров; запуск и останов крупных компрессоров требует времени; высокая стоимость монтажа и обслуживания централизованной системы воздухообеспечения; требуемая высокая квалификация обслуживающего персонала. На рис. 1 представлена схема блока подготовки сжатого воздуха поршневого компрессора 2ВМ10-63/9 (избыточное давление на выходе 0,78 МПа (7,8 кг/см²)). Такие компрессоры входят в состав компрессорной станции НЭВЗ.

Выбор оптимальной схемы воздухообеспечения зависит от конкретных условий на предприятии, ему обязательно должен предшествовать полный энергоаудит всей цепочки производства и подачи сжатого воздуха. Технический аудит ряда промышленных предприятий показал, что в централизованной системе воздухообеспечения только 30-70% выработанного сжатого воздуха доходит до потребителя [4]. Величина потерь воздуха во внешней сети Новочеркасского электровозостроительного завода (НЭВЗ) с естественными утечками и дренированием находится в диапазоне 8,5-10%. Перспективным в плане экономии в системах воздухообеспечения является пе-

реход к децентрализованной системе. В частности, для гальванических цехов промышленных предприятий, в том числе НЭВЗ, в связи со спецификой применения сжатого воздуха в технологическом процессе наиболее предпочтительным является применение децентрализованной системы воздуходо снабжения.

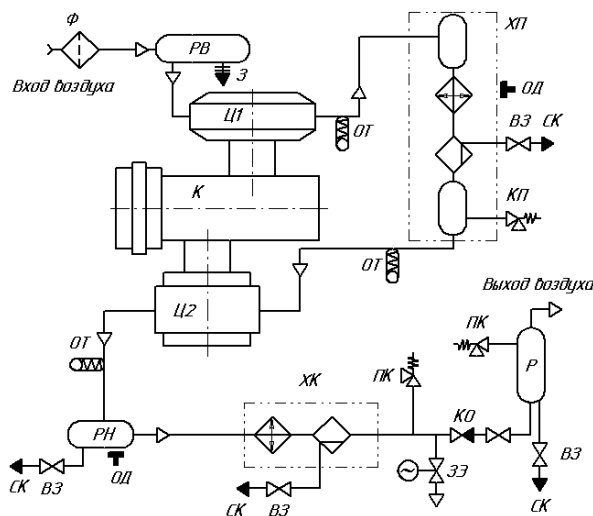


Рис. 1. Схема блока подготовки сжатого воздуха компрессора 2VM10-63/9, на схеме обозначено: К – компрессор; Ц1 – цилиндр первой ступени; Ц2 – цилиндр второй ступени; РВ – ресивер всасывания; РН – ресивер нагнетания; ХП – холодильник промежуточный; ХК – холодильник конечный; Р – ресивер; Ф – фильтр; ВЗ – вентиль запорный; КП – клапан предохранительный; ЗЭ – задвижка с электроприводом; КО – клапан обратный; З – заглушка; СК – слив конденсата; ОД – отбор импульса для контроля давления; ОТ – отбор импульса для контроля температур.

Для децентрализованной системы характерно питание потребителей сжатым воздухом отдельными небольшими компрессорами, устанавливаемыми рядом с потребителем [3]. Достоинствами децентрализованной системы воздуходо снабжения являются: снижение потерь давления и утечек сжатого воздуха в воздуховодах, так как их протяженность сведена к минимуму; отсутствие затрат на содержание и обслуживание магистральных воздуховодов; снижение затрат электроэнергии для привода компрессора, так как его технические характеристики полностью соответствуют характеристикам потребителя; отсутствие специальных фундаментов у компрессоров малой производительности, упрощающее и удешевляющее их установку, наладку и пуск. К недостаткам децентрализованной системы относятся сложность резервирования подачи сжатого воздуха, дополнительный шум в производственном помещении и неприспособленность к резкому возрастанию потребления воздуха, например, при установке дополнительных потребителей.

Структура затрат на производство сжатого воздуха. На рис. 2 представлена структура затрат на производство сжатого воздуха.

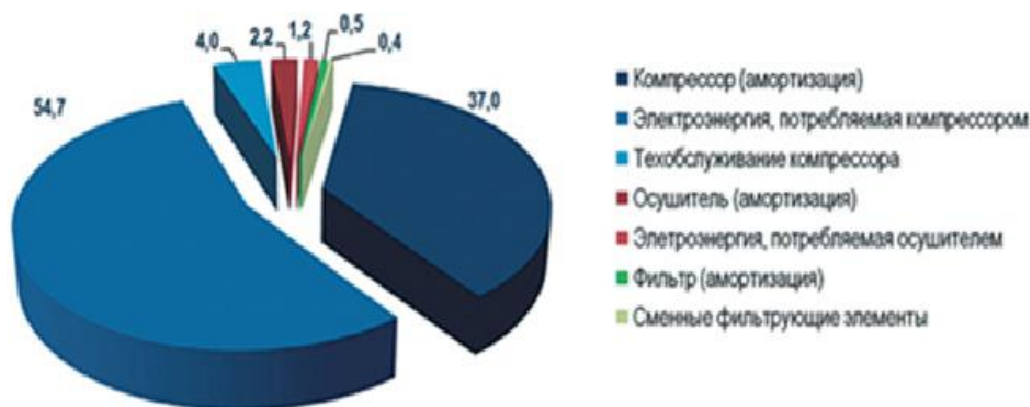


Рис.2. Структура годовых затрат на производство сжатого воздуха

Самую большую долю затрат составляет оплата электроэнергии, потребленной компрессором, которая определяется двумя основными факторами: энергией, вкладываемой в сжатие 1 м³ воздуха, зависящей от давления нагнетания, и стоимостью киловатт-часа электроэнергии.

Система воздухообеспечения НЭВЗ. На ООО ПК «НЭВЗ» применяется комбинированная схема воздухообеспечения, сочетающая централизованное и децентрализованное производство. Централизованным производством сжатого воздуха для ООО ПК «НЭВЗ» занимается компания ФеничеРус, обладающая высокомоощными турбокомпрессорами Samsung SM6000, с которой заключен энергосервисный договор. Согласно договору, затраты НЭВЗ состоят из арендной платы за использование оборудования, фиксированной и переменной частей вознаграждения, а также платы за потребление электроэнергии компрессорами – наибольшей составляющей затрат (рис. 2). Кроме того, в ряде производственных помещений имеются локальные компрессорные установки малой мощности (рис. 3). В будние дни и в дневные рабочие смены в связи с большим потреблением сжатого воздуха технически и экономически целесообразно использование централизованного воздухообеспечения. Но в последнее время у предприятия увеличилось количество заказов на производство электровозов. Чтобы выполнить заказы в срок, работы производятся по 3-х и 4-х сменному графику (с ночными сменами), в субботы и воскресенья. При этом дополнительные работы производятся на отдельных участках, с малым количеством задействованного оборудования и персонала. Использование в таких условиях централизованного воздухообеспечения нецелесообразно и обходится дорого (рис. 4), а локальные компрессоры могут располагаться на незадействованных производственных участках.

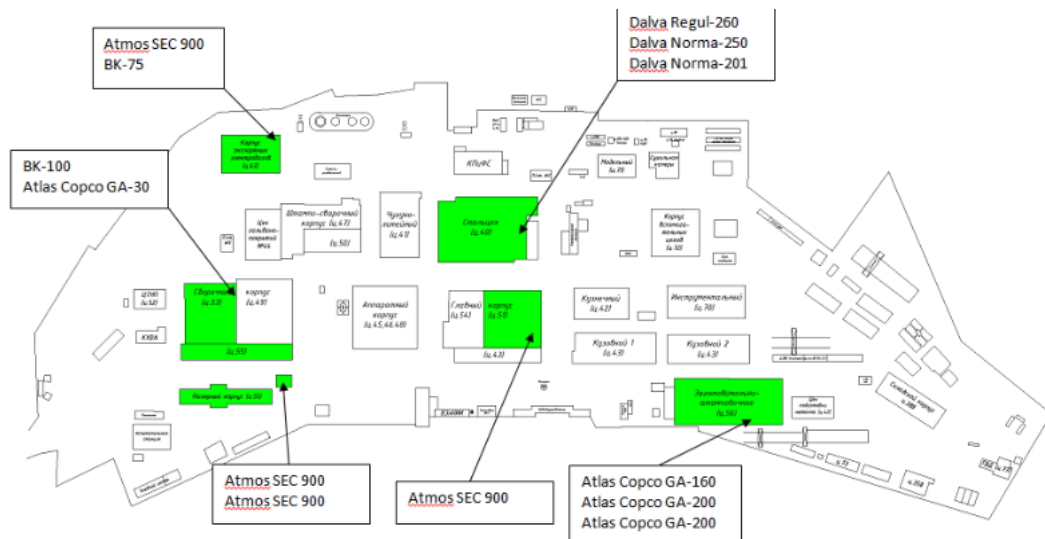


Рис. 3. План размещения локальных компрессорных установок НЭВЗ, 2016 г.

Из графика, представленного на рис. 4, видно, что с каждым годом потребление электроэнергии на выработку сжатого воздуха для работы цехов по выходным и праздничным дням повышается. При 4-х рабочих сменах в выходные дни затраты на подачу сжатого воздуха от центральной компрессорной линии, включающие плату за электроэнергию и за аренду оборудования, составляют 231 552 руб., тогда как при использовании локальных компрессоров, где учитываются затраты только на электрическую энергию, они составляли бы 48 204 руб. В данной ситуации рациональным решением будет использование локальных компрессоров в выходные и праздничные дни. В будние дни будет производиться комбинированная выработка сжатого воздуха.

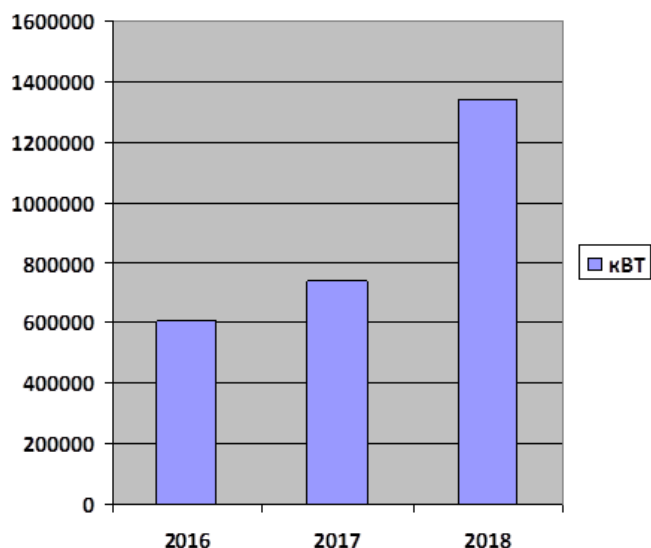


Рис. 4. График затрат электроэнергии на производство 1 м³ сжатого воздуха ООО «ПК «НЭВЗ»

В связи с этим руководством НЭВЗ было принято решение более равномерно распределить локальные компрессоры по производственным помещениям (рис. 5) с целью повышения эффективности их использования в дополнительное время и снижения платы за услуги сторонней компании Фениче Рус.

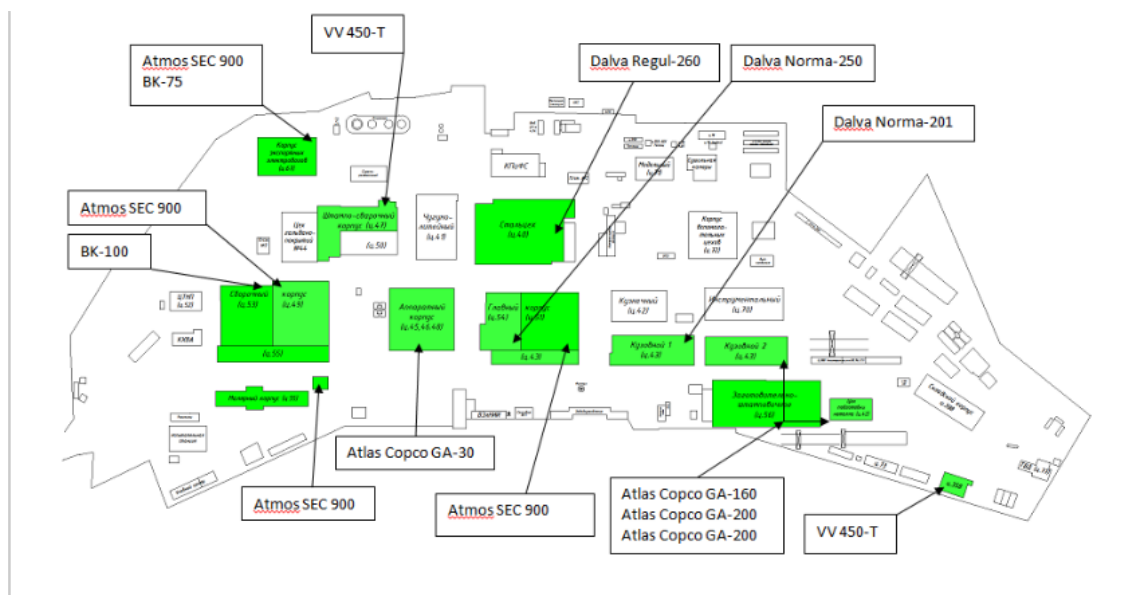


Рис. 5. План размещения локальных компрессорных установок НЭВЗ, 2019 г.

Описание модернизации воздухообеспечения НЭВЗ в стандарте IDEF0. Описание процесса модернизации представлено с использованием стандарта IDEF0 [5-7] (рис. 6-8).

Согласно рис. 6-8, при децентрализованном производстве отпадает потребность в содержании трубопроводов, в заключении договора с внешней компанией – производителем сжатого воздуха. Декомпозиция децентрализованного процесса не проводилась, поскольку производится сжатый воздух с параметрами, необходимыми для конкретного оборудования, процессы распределения и подготовки к использованию отсутствуют.

Заключение. На примере конкретного промышленного предприятия – НЭВЗ – рассмотрены особенности системы воздухообеспечения потребителей. Приведено описание состава оборудования, преимуществ и недостатков централизованной и

децентрализованной систем воздухообеспечения. Показаны варианты наиболее эффективного использования компрессоров в различные дни. Рассмотрена структура годовых затрат на производство сжатого воздуха. Функциональные диаграммы в стандарте IDEF0 наглядно демонстрируют преимущества децентрализованной системы воздухообеспечения при малом и нестабильном воздухопотреблении.

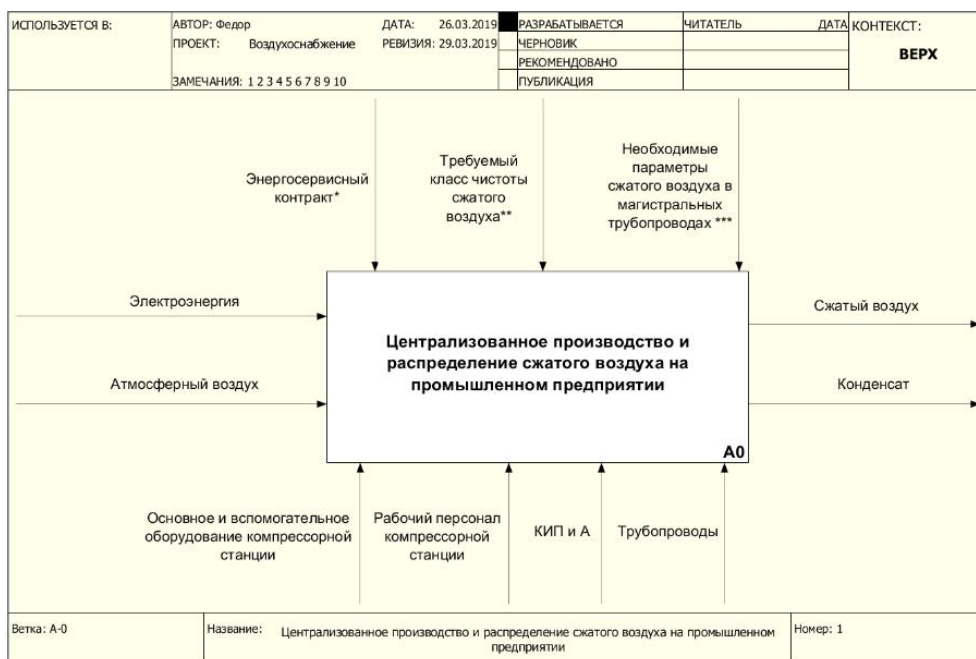


Рис. 6. Контекстная диаграмма процесса централизованного производства и распределения сжатого воздуха на НЭВЗ: *Энергосервисный контракт с арендатором центральной компрессорной станции (Фениче Рус); **Требуемый класс чистоты сжатого воздуха, соответствующий нормативным показателям стандарта ГОСТ Р ИСО 8573-1-2016; ***Необходимые параметры сжатого воздуха (давление, расход) в магистральных трубопроводах системы воздухообеспечения, согласно требованиям заводского регламента

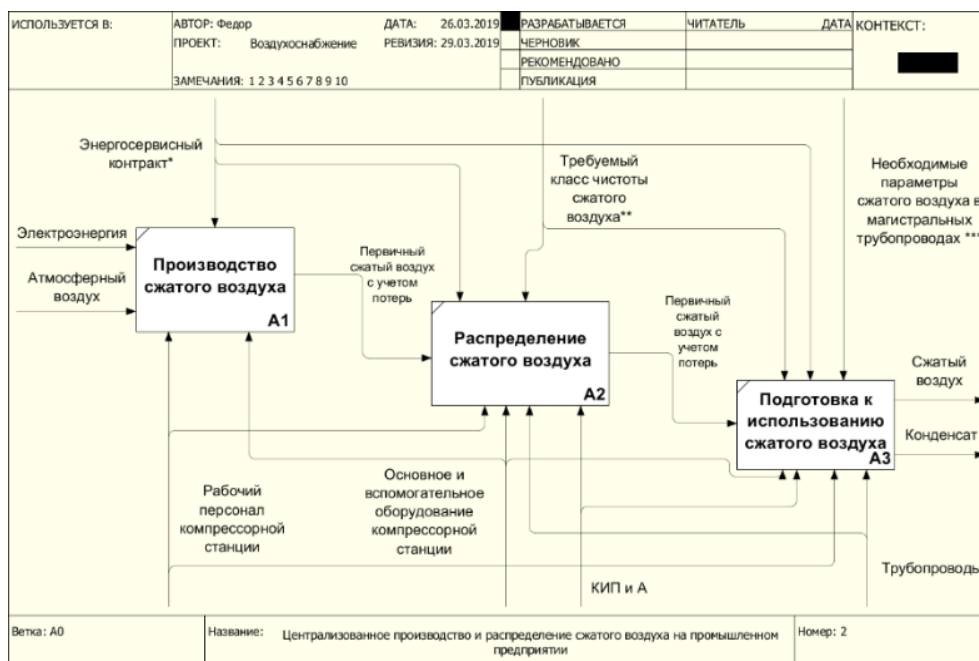


Рис. 7. Декомпозиция контекстной диаграммы процесса централизованного производства и распределения сжатого воздуха на НЭВЗ: *, **, *** – аналогично рис. 6



Рис. 8. Контекстная диаграмма процесса децентрализованного производства и распределения сжатого воздуха на промышленном предприятии: *Требуемый класс чистоты сжатого воздуха, соответствующий нормативным показателям стандарта ГОСТ Р ИСО 8573-1-2016; **Необходимые параметры сжатого воздуха (давление, расход) в магистральных трубопроводах системы воздухообеспечения, согласно требованиям заводского регламента

Список литературы:

1. Федяев, А.А. Разработка программного обеспечения для расчетов систем воздухообеспечения промышленных предприятий / А. А. Федяев, Е.А. Швайкин // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. – 2008. – Т. 2. – С. 49-55.
2. Кушников, В.А. Совершенствование математического обеспечения системы управления компрессорным хозяйством машиностроительного предприятия / В.А. Кушников, Е.М. Кулакова, О.В. Кушников // Вестник СГТУ.–2014.–№ 3 (76).–С. 89-97.
3. Централизованная и децентрализованная схема снабжения сжатым воздухом на промышленном предприятии. – DALGAKIRAN [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://dalgakiran.su/stati-i-publikacii/shema-snabzheniya-vozduhom> (дата обращения 21.03.2019)
4. Глушков, И. Е. Практический аудит на современном предприятии / И.Е. Глушков // Новосибирск: Экор, 1997. – 288 с.
5. Методология IDEF0. Стандарт. Русская версия // МетаТехнология, 1993.–91 с.
6. Федорова, Н.В. и др. Функциональное моделирование процесса модернизации системы золошлакоудаления угольной ТЭС. – Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2017: сб. статей по матер. науч.-практ. конф. с междунар. участием / под ред. Ю. А. Омельчук, Н. В. Ляминой, Г. В. Кучерик // Севастополь: СевГУ, 2017. – С. 1431-1437.
7. Федорова, Н.В. и др. Функциональное моделирование процесса энергообеспечения промышленного предприятия на примере НЭВЗ. – Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2018: сб. статей по матер. междунар. науч.-практ. конф. / под ред. Л. И. Лукиной, Н. А. Бежина, Н. В. Ляминой // Севастополь: СевГУ, 2018. – С. 1217-1220.

**FUNCTIONAL MODELING OF MODERNIZATION OF INDUSTRIAL
ENTERPRISE AIR CONDITION SYSTEM ON THE EXAMPLE
OF NOVOCHERKASSK ELECTRIC LOCOMOTIVE
BUILDING FACTORY (NEVZ)**

N.V. Fedorova¹, D.A. Shaforost¹, A.V. Nuzhdin¹, N.Yu. Kurnakova¹, F.I. Ushakov¹

*¹Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Platov South-Russian
State Polytechnic University (NPI)», Novocherkassk, 346428, Russia*

e-mail: fedorovanv61@rambler.ru

Abstract

The features and structure of the air supply scheme of the Novocherkassk Electric Locomotive Building Factory are considered. The composition of the equipment, the advantages and disadvantages of centralized and decentralized air supply systems are described, the variants of their most effective application are worked out on the example of a specific enterprise – NEVZ. The structure of annual costs for the production of compressed air is considered. Functional modeling of the modernization of the factory's air supply system using the IDEF0 standard has been carried out.

УДК 502:539(075)

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАНОПОРОШКА ДИОКСИДА КРЕМНИЯ ПРИ ОБРАЩЕНИИ С РАО

С.А. Федорова, Е.А. Пенькова, Л.В. Решетник, К.А. Григорян
*ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,
ул. Университетская, 33, Севастополь, 299053, Россия*

Ежегодно Госкорпорацией «Росатом» выполняется комплекс мероприятий по обеспечению ядерной и радиационной безопасности и снижению экологической нагрузки на окружающую среду как с рамках Положения о Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору [1], так и при выполнении Программ самого Концерна по минимизации радиоактивных отходов [2].

Сегодня существуют разные способы переработки и дальнейшей утилизации РАО [3] Их применение зависит от конкретного вещества и его активности. В зависимости от нескольких параметров, может быть применено:

–остекловывание. Переработка радиоактивных отходов производится с применением боросиликатного стекла. Оно имеет стабильную форму, благодаря чему радиоактивные элементы в таком материале будут безопасно сохраняться в течение нескольких тысяч лет;

–сжигание. Метод может применяться для ограниченного уменьшения объема излучающих материалов. Поскольку при их сжигании может загрязниться воздух, использовать способ можно для утилизации зараженной макулатуры, дерева, одежды, резины. Специальная конструкция печей позволяет избежать чрезмерного выброса опасных материалов в воздух;

–уплотнение. Используется в случае необходимости утилизации крупных предметов. Прессование позволяет уплотнить материал, уменьшив его окончательный размер;

–цементирование. Отходы помещаются в специальный контейнер, после чего последний заливается большим количеством цемента, созданного с подбором специальных химических веществ.

Переработка РАО в зависимости от их активности. Описанные выше способы применяются для утилизации разнообразных радиоактивных веществ. Большую роль в выборе конкретного метода играет такой показатель, как активность радиоактивных отходов. Так:

–низкоактивные отходы легче всего поддаются утилизации. Они становятся безопасными в течение всего нескольких лет. Для их хранения достаточно использовать специальные герметичные контейнеры. После того как опасность исчезнет, их можно будет утилизировать обычным способом;

–среднеактивные отходы дезактивируются значительно дольше (в несколько раз). Для их хранения используются специальные бочки, изготовленные из нескольких сплавов. После заполнения, они заливаются цементом и битумом в несколько слоев;

–высокоактивные отходы являются наиболее опасными. Они сохраняют угрозу для окружающей среды на протяжении многих столетий. Поэтому перед утилизацией таких отходов (в большинстве случаев это использованное на АЭС топливо) на заводах производится их рециклинг.

Разрабатываются различные технологии переработки РАО, в том числе и направленные на селективное извлечение. В частности, на выделение из гомогенного состава ЖРО кубового остатка кобальта-60 и цезия-137 [4]. Совершенствуются комплексные системы очистки [5].

Результаты и обсуждение. По нашему мнению, особого внимания заслуживает направление использования наноматериалов для очистки различных сред. В нашей работе мы предлагаем использовать нанопорошок диоксида кремния для снижения β -активности технологических сред. Моделирование радиоактивности технологической среды осуществлялось за счет использования калия-40. Как показали предыдущие исследования [6-9] концентрацию нанопорошка диоксида кремния целесообразно брать в количестве 3%. Исследования проводились в присутствии катионов стронция, никеля и кобальта. Изменение β -активности фиксировали на приборах УМФ-2000 и КРВП - 3 АБ (установка счета импульсов с альфа- и бета датчиками). Результаты изменения β -активности проб за 28 дней приведены на рисунке 1.

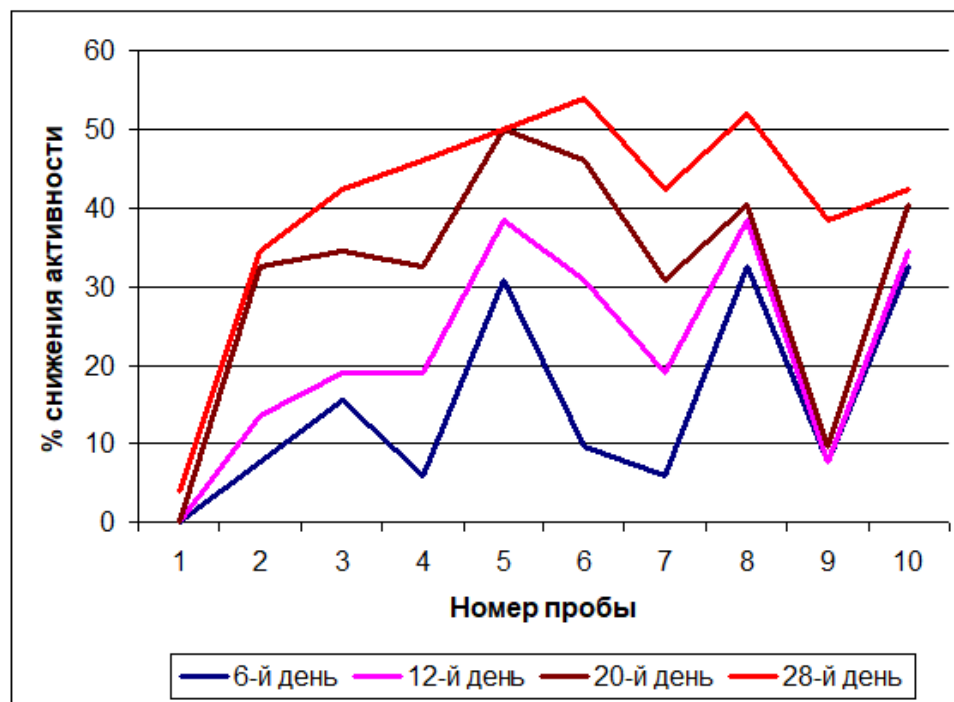


Рис.1. Изменение β -активности модельных растворов на протяжении 28 дней.

В пробе 8, где все концентрации катионов взяты в минимальных количествах, наблюдается монотонное изменение активности. Резкое изменение β -активности отмечается в пробе 2, которая характеризует изменения β -активности в присутствии только нанопорошка диоксида кремния. В 6-й пробе наблюдается резкое уменьшение β -активности к концу измерений, она содержит максимальную концентрацию катионов никеля. 5-я проба на начальном этапе измерений имела низкую β -активность модельного раствора и с течением времени уменьшалась незначительно. В ней были максимальные концентрации катионов никели и кобальта.

Выводы. Исследования влияния катионов натрия, стронция и хрома (Ш) на снижение β -активности модельных сред в присутствии нанопорошка диоксида кремния показали снижение активности на 28%.

Таким образом, использование нанопорошка диоксида кремния целесообразно использовать для снижения β -активности жидких радиоактивных отходов среднего уровня активности.

Список литературы:

1. Федеральный закон от 11.07.2011 N 190-ФЗ (ред. от 02.07.2013) "Об обращении с радиоактивными отходами и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации" (с изм. и доп., вступающими в силу с 16.07.2013) http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_116552
2. Росатом. <http://rosatom.ru/about/international>

3. Утилизация радиоактивных отходов - способы и методы переработки. <https://promzn.ru/utilizatsiya-i-pererabotka/radioaktivnyh-othodov.html>
4. Блок-схема малоотходной технологии ЖРО <http://www.atomic-energy.ru/files/images/2015/12/rao-laes.jpg>
5. Примеры комплексных мембранных систем очистки https://images.slideplayer.com/40/11101704/slides/slide_12.jpg.
6. Федорова С.А., Магдыч Е.А., Вовк Е.П. Использование нанопорошка диоксида кремния при дезактивации модельных растворов. / Экология и развитие общества МАНЭБ №2(17), 2016 - С.45-48.
7. Федорова С.А., Магдыч Е.А., Кухта Ю.А. Исследование изменения в-активности модельных растворов при использовании нанопорошка диоксида кремния в присутствии катионов Na^+ , Mg^{2+} и Fe^{3+} . /Энергетические установки и технологии. 2017. Т. 3. №3. С. 79-83.
8. Федорова С.А., Табацкая А.А. Анализ влияния на снижение в-активности модельных растворов нанопорошка диоксида кремния в присутствии анионов NO_2^- , SO_4^{2-} / Инновационные подходы в современной науке: сб. ст. по м-лам XVII Междунар. науч.-практ. конф. «Инновационные подходы в современной науке». – № 5(17). – М., Изд. «Интернаука», 2018.- С.68-72.
9. Федорова С.А. Влияние нанопорошка SiO_2 на снижение β -активности модельных сред в присутствии Ca^{2+} , Na^+ , Cu^{2+} , NH_4^+ / Естественные и технические науки, М.: Спутник+. - №4 (130). - 2019. С.209-211.

**PROSPECTS OF THE USE OF SILICON DIOXIDE NANODOWN
FOR HANDLING WITH RADIOACTIVE WASTE**

S.A. Fedorova, E.A. Penkova, L.V. Reshetnik, K.A. Grigoryan

*¹Sevastopol State University, University Street, 33,
Sevastopol, 299053, Russia*

Abstract

In this work, the change in β -activity of model media in the presence of silicon dioxide nanopowder was investigated. In samples that contained silica nanopowder and cations of strontium, cobalt and nickel, a decrease in β -activity of about 50% was observed, and in the presence of sodium, strontium and chromium (III) – to 28%.

УДК 534.61

КОНТРОЛЬ АКУСТИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ НА СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКЕ

Е.Н. Филонова

*Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет
(Сибстрин), Новосибирск, 630008, Россия, e-mail: filono2000@mail.ru*

Строительство зданий и сооружений всегда было источником акустического загрязнения. Установлено, что современное строительство является источником высокоинтенсивного (75-90 дБА) шумового загрязнения в городах [1]. Шум стройплощадок зависит не только от характера выполняемых работ (земляные, монолитные, отделочные), но и от основных источников уровней шума. Различают два основных – это механизированное оборудование (сваебойный агрегат, буровые установки, бетононасосы, автосамосвалы, экскаваторы, бульдозеры, башенные краны и т.д.) и средства малой механизации (пневмо- и электроинструмент, молоток и др.).

В настоящее время доказано, что шум (совокупность звуковых волн различной частоты и интенсивности) негативно влияет на здоровье человека. Последствия могут проявляться, как у работников строительных площадок, так и у жильцов, проживающих в близлежащих домах. Для строителей это опасно, т.к. длительно находясь под воздействием негативного физического производственного фактора, снижается работоспособность, появляется чувство утомления и усталости, а, следовательно, повышается риск травматизма. При этом меняются различные физиологические показатели: пульс, дыхание, давление, выработка гормонов железами внутренней секреции и т.д. Также страдает орган слуха и развивается тугоухость. Жильцы, находящиеся в зоне повышенного шумового загрязнения, подвергаются стрессу, что, несомненно, влияет на их центральную нервную систему и состояние психического здоровья.

Данная проблема актуальна, поэтому затрагивается в ходе изучения дисциплины «Безопасность жизнедеятельности» при подготовке специалиста по направлению 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений» (профиль «Строительство высотных и большепролетных зданий и сооружений»). Государству нужны дипломированные специалисты, компетентные в вопросах безопасности [2]. В каждом Вузе приветствуется исследовательская работа студентов, *поэтому со студенткой 4 курса данного направления Д. Беловой (420а группа)* проконтролировали акустическую ситуацию на строительной площадке в Первомайском районе г. Новосибирска по адресу ул. Ошанина, 1. Нами была поставлена **цель**: исследовать шум на строительной площадке компании «Сибирь» и сравнить его с нормативными требованиями.

В ходе исследования ставились задачи:

- ознакомиться с методикой замеров строительного шума (ГОСТ Р 53695-2009);
- провести замеры шума на стройплощадке, используя поверенный прибор (шумомер «Svan 949»);
- сравнить результаты исследования с нормативными данными.

Согласно ГОСТ Р 53695-2009 [3], шумовыми характеристиками строительных площадок являются средние эквивалентные уровни звука A излучения LA_{eqj} и максимальные уровни звука $LA_{max j}$ по сторонам стройплощадки, определяемые по измерениям соответствующих уровней звука A в точках измерения. Индекс j в обозначении шумовых характеристик соответствует порядковому номеру стороны стройплощадки (их четыре: $j = 1, 2, 3, 4$).

По три точки измерений располагали равномерно вне стройплощадки вдоль каждой из 4-х сторон на расстоянии 15м от границы стройплощадки, на высоте $(1,2 \pm 0,1)$ м от поверхности площадки. При этом нужно было обеспечить, чтобы разность эквивалентных уровней звука в соседних точках вдоль одной стороны не превышала 5 дБА. Измерения проводили весной 15 марта 2018 года в дневное время суток при отсутствии осадков, скорости ветра - 4 м/с, температуре окружающей среды - 0°C и относительной влажности – 80%. На объекте проводилась установка свай (работал один копёр).

Результаты, полученные в ходе измерений, представлены в таблице 1.

Таблица 1

Шумовая характеристика строительной площадки

№ точки	L_{Aeqj} при работающем источнике, дБА	$L_{Amax j}$ при работающем источнике, дБА	L_{Aeqj} при неработающем источнике, дБА	$L_{Amax j}$ при неработающем источнике, дБА
1	78,3	79,4	41,2	45,0
2	73,9	75,2	47,5	50,1
3	78,2	80,1	46,4	50,4
4	77,4	78,0	50,1	53,0
5	78,7	79,9	50,0	52,6
6	79,1	80,5	49,1	53,2
7	75,3	76,4	48,8	50,0
8	70,0	74,2	49,0	51,6
9	68,7	72,7	51,3	53,4
10	71,6	76,8	50,9	53,9
11	73,4	78,9	48,6	54,1
12	77,0	80,2	48,0	51,2

Далее для каждой из 4-х сторон строительной площадки рассчитывали средние эквивалентные уровни звука при работающих (\bar{L}'_{Aeqj}) и неработающих (\bar{L}''_{Aeqj}) источниках шума по формулам 1 и 2. Результаты внесены в таблицу 2.

В таблице 2 также представлены рассчитанные по ГОСТ Р 53695-2009 коррекции на фоновый шум (K_{1Aj}). Причем, фоновый шум – это шум от источников, не расположенных на строительной площадке.

$$\bar{L}'_{Aeqj} = 10 \lg \left(\sum_{i=1}^{N_j} 10^{0,1L_{Aeqi}} \right) - 10 \lg N_j, \quad (1)$$

$$\bar{L}''_{Aeqj} = 10 \lg \left(\sum_{i=1}^{N_j} 10^{0,1L_{Aeqi}''} \right) - 10 \lg N_j, \quad (2)$$

где N_j – число точек измерений вдоль j – ой стороны стройплощадки;

\bar{L}'_{Aeqj} и \bar{L}''_{Aeqj} – эквивалентные уровни звука в i –ой измерительной точка на j – ой стороне стройплощадки, измеренные при работающих и неработающих источниках шума, дБА.

Используя ещё шесть расчетных формул государственного стандарта, составили итоговую таблицу 3. По приложению Б определяли неопределенность измерений на j – ой стороне стройплощадки в дБА - u_j .

Сравнивая наши результаты из таблицы 3 с российской нормативной базой по шуму [4, 5, 6], имеем.

Таблица 2

Эквивалентные уровни звука стройплощадки и коррекции на фоновый шум

Сторона стройплощадки	\bar{L}'_{Aeqj} , дБА	\bar{L}''_{Aeqj} , дБА	ΔL_{Aj} , дБА	K_{1Aj} , дБА
1 (точки измерений 1,2,3)	77,222	40,880	36,342	0,001008
2 (точки измерений 4,5,6)	78,459	44,727	33,732	0,001839
3 (точки измерений 7,8,9)	70,129	42,375	27,754	0,007290
4 (точки измерений 10,11,12)	74,596	42,071	32,525	0,002430

(так как $\Delta L_{Aj} > 10$ дБА, то коррекция $K_{1Aj} < 0,5$ дБА и может не учитываться).

Таблица 3

Результаты испытаний, вносимых в техническую документацию

Сторона стройплощадки	u_j	L'_{Aeqj} , дБА	L'_{Amaxj} , дБА
1 (точки измерений 1,2,3)	2,69	78,66	82,79
2 (точки измерений 4,5,6)	2,06	79,27	82,56
3 (точки измерений 7,8,9)	2,06	70,94	76,46
4 (точки измерений 10,11,12)	3,35	76,70	83,54

Во-первых, для территории жилой застройки замеры по шуму значительно превышают нормативные цифры (на основании СН 2.2.4/2.1.8.562-96 и СП 51.13330.2011). ПДУ шума днем должен быть не более 55дБА по эквивалентному шуму (в нашем случае от 70,94 дБА до 79,27 дБА) и не более 70 дБА по максимальному уровню шума (у нас от 76,46 дБА до 83,54 дБА).

Во-вторых, для работников строительной площадки шум в пределах норматива, согласно СанПиН 2.2.4.3359 – 2016 на рабочих местах должно быть не более 80 дБА по эквивалентному уровню звука (работы в условиях выше 85 дБА не допускаются).

Для решения проблемы акустического загрязнения от строительной площадки на территории жилой застройки предлагаем следующие меры по снижению шума [7]:

- исключение производства работ в ночное время суток;
- сокращение времени непрерывной работы техники, производимой высокий уровень шума, до 10-15 минут в час;
- применение механизмов бесшумного действия (с электроприводом);
- исключение громкоговорящей связи;
- возведение шумоизолирующих экранов.

Таким образом, исследование показало, что необходимо решать проблему эффективного снижения шума в окружающей среде ещё на стадии проектирования строительного объекта.

Список литературы:

1. Минина Н.Н. Шум стройплощадок // Вестник МГСУ. – 2011. - № 3. – С. 128-134.
2. Филонова Е.Н. Дисциплина «Безопасность жизнедеятельности» и оценка условий учебы и труда в высшем учебном заведении // Безопасность жизнедеятельности. – 2018. - № 11. – С. 60-64.
3. ГОСТ Р 53695-2009 Шум. Метод определения шумовых характеристик строительных площадок.
4. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.
5. СП 51.13330.2011 Защита от шума (актуализированный СНиП 23-03-2003).

6. СанПиН 2.2.4.3359-2016 Гигиенические требования к физическим факторам на рабочих местах.
7. Костенков Е.С. Шум от строительных площадок. Мероприятия по его предупреждению и снижению (от 18.07.2017). URL: <https://ceiis.mos.ru/presscenter/news/detail/6489973.html> (дата обращения 17.01.2019).

CONTROL OF ACOUSTIC SITUATION AT THE CONSTRUCTION SITE

E.N. Filonova

*Novosibirsk state architectural and construction University,
Novosibirsk, 630008, Russia, e-mail: filono2000@mail.ru*

Abstract

Noise on a construction site in the city of Novosibirsk is investigated. Measurements are made and the results are processed according to the state standard (GOST R 53695-2009). It is shown that it is necessary to solve the problem of effective noise reduction in the environment at the design stage of a construction object.

УДК 621.039.58

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСАЖДЕНИЯ НЕРАСТВОРИМЫХ АЭРОЗОЛЕЙ НА ТЕПЛООБМЕННЫХ ПОВЕРХНОСТЯХ СИСТЕМЫ ПАССИВНОГО ОТВОДА ТЕПЛА ОТ ЗАЩИТНОЙ ОБОЛОЧКИ ПРИ АВАРИЯХ НА АЭС

А.А. Фиськов¹, В.В. Безлепки¹, С.Е. Семашко¹, В.М. Погребенков², А.А. Дитц²

¹АО "АТОМПРОЕКТ", г. Санкт-Петербург, 197183, Россия,
e-mail: AAFiskov@atomproekt.com

²Томский политехнический университет, г. Томск, 634050, Россия,
e-mail: Chtd@tpu.ru

Тяжёлые аварии на атомных электростанциях (АЭС) постулируются с малой вероятностью. В соответствии с российскими нормативно-техническими документами, для радиационных последствий реперного сценария тяжёлых аварий суммарная вероятность предельного аварийного выброса не превышает 10^{-7} 1/год на 1 реактор. В качестве тяжёлых аварий рассматривается сценарий аварий с разрывом трубопроводов Ду346 или Ду25, потерей теплоносителя и возможной деградацией активной зоны. В ходе аварий в атмосферу контейнента возможен выход радиоактивных паров и аэрозолей, а также паров и аэрозолей конструкционных материалов. При проведении расчетов из условий химического и фазового равновесия, был показан выход аэрозолей и установлен молекулярный состав паров, вышедших в первый контур и контейнент [1]. Массовый и компонентный состав радиоактивных паров, а также паров и аэрозолей конструкционных материалов рассчитывали с помощью кода СОКРАТ.

Аэрозоли при выходе в контейнент делятся на два класса: аэрозоли, образованные внутри корпуса реактора (внутрикорпусные) и аэрозоли, образовавшиеся в результате событий вне корпуса реактора (внекорпусные). По источникам происхождения аэрозоли можно разбить по группам:

- газообразные продукты радиоактивного деления;
- аэрозоли продуктов деления;
- аэрозоли урановой группы и конструкционных материалов.

В проекте АЭС-2006 при авариях предусмотрена система пассивного отвода тепла от защитной оболочки (СПОТ 3О) [2-5]. Система пассивного отвода тепла от защитной оболочки состоит из четырех одинаковых и полностью независимых один от другого каналов. Каждый канал включает в себя четыре теплообменника-конденсатора, локализирующую арматуру и трубопроводы.

Теплообменники-конденсаторы расположены по периметру на внутренней стенке контейнента. Каждый теплообменник-конденсатор состоит из 132 вертикальных трубок высотой 5 м. Общая площадь теплообменной поверхности каждого канала составляет 300 м². Проектное включение и работа системы при аварии осуществляется на пассивном принципе, использующем физические законы теплообмена, и не требует внешних источников энергии, изменения состояния элементов схемы и действий оператора. При поступлении пароводяной среды в объём контейнента на поверхности теплообменников происходит конденсация пара с передачей тепловой энергии теплоносителю контура системы пассивного отвода тепла от защитной оболочки. В результате в замкнутом контуре системы возникает естественная циркуляция газов и паров с отводом тепла к воде баков аварийного отвода тепла и от нее во внешнюю среду.

При конденсации аэрозоля и его осаждении на теплообменных поверхностях СПОТ 3О возможно уменьшение эффективности её работы [6]. Во время протекания аварии при выпаривании теплоносителя первого контура в контейнент вместе с па-

ром попадает борная кислота (H_3BO_3), которая может самостоятельно или в виде солей кристаллизоваться на теплообменных поверхностях СПОТ.

При проектировании системы с использованием конденсаторов-теплообменников, находящихся в прямом контакте со средой первичной защитной оболочки, должна быть обоснована производительность теплообменника в условиях действия неконденсируемого газа и возможного осаждения, и накопления нерастворимых примесей из паров и аэрозолей на теплообменных поверхностях.

Целью настоящей работы является экспериментальное исследование процесса осаждения нерастворимых аэрозолей и солей борной кислоты на теплообменные поверхности СПОТ 30 при тяжёлых авариях на АЭС.

Масс-компонентный состав радиоактивных паров и аэрозолей (имитаторов продуктов деления), а также паров и аэрозолей конструкционных материалов, используемых в экспериментах, готовился на основе данных расчёта аварии Ду346 и Ду25 АЭС-2006 тяжёлоаварийным кодом СОКРАТ [7]. Для проведения экспериментов была разработана и смонтирована экспериментальная установка для осаждения аэрозоля, состоящая из ёмкости осаждения, парогенератора, камеры подготовки и распыления аэрозолей, сборников конденсата. Установка позволяет исследовать процесс конденсации аэрозолей из парогазовой фазы и измерять изменение теплообменных характеристик теплообменника-конденсатора при заданных условиях [8].

Для подготовки аэрозоля с частицами заданного размера, использовалась камера подогрева модельных порошков имитаторов продуктов деления (ИПД). Диспергация модельной смеси порошков внутри камеры и образование аэрозоля осуществлялась при помощи ультразвукового генератора. Унос аэрозоля в камеру подготовки аэрозоля происходил при помощи сжатого азота, поступающего с узла питания установки азотом. В качестве теплообменника-конденсатора использовалась применяемая при монтаже СПОТ 30 вертикальная труба из стали марки 08X18H10T диаметром 0,038 м и толщиной стенки 0,003 м, длиной 2 м.

При анализе процессов, протекающих при тяжёлой аварии на АЭС, выделено четыре характерных стадии аварии, отличающихся скоростями конденсации, концентрацией и составом аэрозолей. На основании этого составлена матрица экспериментов проведения исследований.

В ёмкость для проведения экспериментов был смонтирован теплообменник-конденсатор. Вакуумным насосом производили откачку воздуха из ёмкости до остаточного давления 0,005 МПа и проверку на натекание. С узла питания установки азотом из баллона по газовой линии подавали азот до требуемого давления (в соответствии с матрицей эксперимента). В течение 30 мин происходил нагрев ёмкости до заданной температуры. В предварительно нагретую ёмкость с узла питания установки паром через теплоизолированный паропровод подавали пар. При достижении заданного давления и температуры в соответствии с условием эксперимента ёмкость выдерживали от 10 до 20 мин для стабилизации всех параметров.

С узла термостатирования жидкого теплоносителя в теплообменник-конденсатор подавали воду с требуемым расходом и температурой. Контроль и управление расходом теплоносителя, давлением пара и температурой осуществляли с компьютера. При достижении стационарных условий (температура воды, температура и давление парогазовой среды) в ёмкость с узла изготовления аэрозоля осуществляли напуск подогретой модельной смеси порошков в токе газа-носителя – азота. В ёмкости, находящейся под давлением парогазовой смеси, на теплообменнике-конденсаторе происходит конденсация пара и осаждение аэрозоля. Конденсат с теплообменника и конденсат с внутренней поверхности ёмкости улавливали для проведения анализа в приемные накопительные ёмкости.

При переходе между стадиями температура внутри ёмкости уменьшалась за счёт уменьшения температуры стенки ёмкости. Сброс избыточного давления из ёмкости

осуществляли по линии сдувки в вентиляционную систему.

Было проведено три серии экспериментов, имитирующих условия протекания аварий с работой системы пассивной отвода тепла от парогенератора и без нее. В отдельную серию было выделено исследование кристаллизации солей борной кислоты. В ходе проведения экспериментов в сборники с корпуса ёмкости и с теплообменника-конденсатора производился пробоотбор конденсата с целью корректировки и поддержания элементного состава аэрозолей в заданном количестве, а также для анализа объёма получаемого конденсата

Основной элементный состав аэрозолей как в конденсате, собранном с поверхности теплообменника, так и в конденсате с поверхности ёмкости осаждения, соответствует вводимым на соответствующей стадии развития аварии элементам аэрозолей. В конденсате, собранном на поздних стадиях развития аварии, содержание элементов, вводимых с аэрозолями на более ранних стадиях, фиксируется в меньшем количестве, вплоть до полного отсутствия водорастворимого аэрозоля Cs_2MoO_4 . Борная кислота в серии экспериментов №№ 9-12 фиксируется в конденсате на всех стадиях.

Анализ осаждённых на теплообменные поверхности аэрозолей

Трубки теплообменника извлекались из ёмкости для исследований после каждого эксперимента и подвергались анализу на масс-компонентный состав и размер аэрозоля, характер осаждения, толщину слоя и т.д. Для определения элементного состава аэрозоля, осевшего на теплообменнике, готовили реплики с поверхности трубы на углеродный проводящий скотч. Затем данные реплики анализировались на электронном микроскопе JEOL JSM 6000 Neo Scop с приставкой EDS (элементного анализа).

На рис. 1-3 представлены микрофотографии и элементный состав осевших на теплообменнике во время эксперимента аэрозолей верхней, средней и нижней частей теплообменника, соответственно. В качестве примера представлены результаты эксперимента № 4. На поверхности теплообменника-конденсатора оседают аэрозоли из парогазового пространства, характер оседания и состав осевших аэрозолей по длине теплообменника зависит от параметров эксперимента. Анализировались различные части теплообменника (верхняя, средняя и нижняя). В большинстве экспериментов по данным электронной микроскопии в верхней части теплообменника происходит локальное оседание аэрозоля в виде вытянутых структур длиной до 50 мкм, толщиной до 4 мкм.

В средней части теплообменника осевший аэрозоль покрывает значительно большую площадь. Увеличение площади участков осевшего аэрозоля в средней и нижней частях трубы теплообменника обусловлено частичным смывом осевших частиц конденсатом с верхней части. Аэрозоль высаживается на теплообменнике в виде агломератов частиц неправильной формы и в виде исходных частиц неправильной обломочной формы. При большем увеличении хорошо видны границы частиц и рыхлый поверхностный слой, на котором различимы индивидуальные нано- и микроразмерные частицы. На нижней части теплообменника аэрозоль осаждается более мелкими фрагментированными агломератами – "островами", что объясняется возросшим потоком конденсата и смывом части аэрозоля. Влияние стекающего конденсата сказывается и на распределении по размеру осевших частиц аэрозоля в разных частях теплообменника.

Исследование элементного состава осевшего на поверхности теплообменника аэрозоля на разных стадиях развития аварии показало, что фиксируются элементы, вводимые имитирующими продукты деления нерастворимыми частицами аэрозоля, в то время как водорастворимые аэрозоли B_2O_3 и Cs_2MoO_4 не обнаружены.

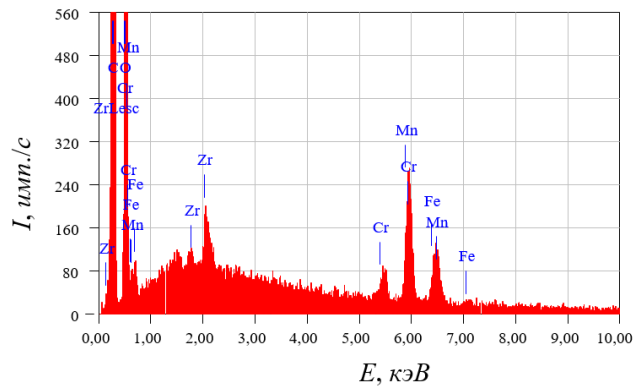
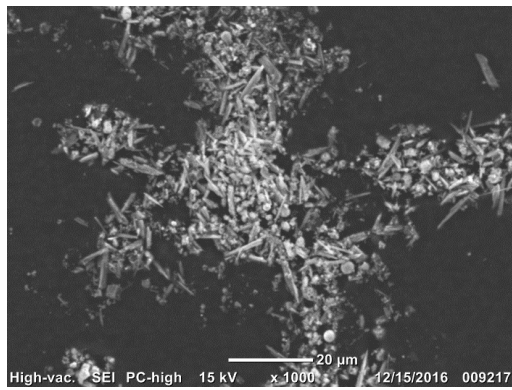


Рис. 1. Микрофотографии и элементный состав осевших аэрозолей на теплообменнике во время эксперимента № 4 с верхней части

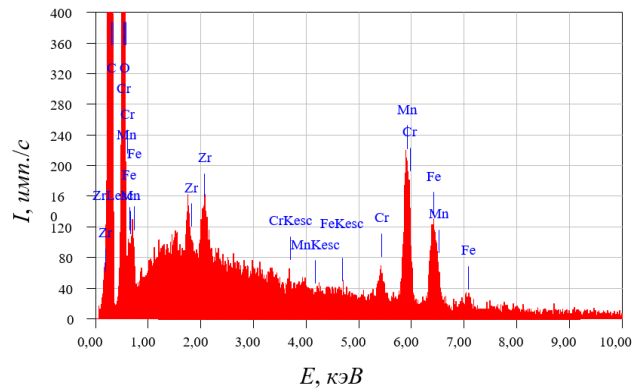
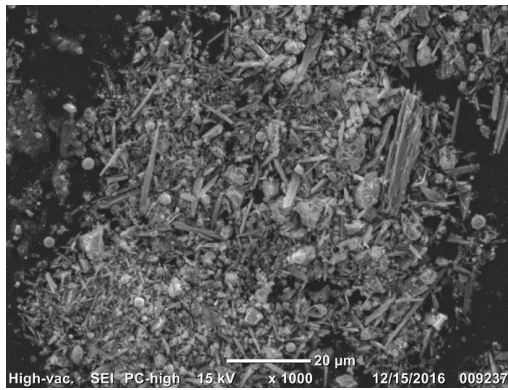


Рис. 2. Микрофотографии и элементный состав осевших аэрозолей на теплообменнике во время эксперимента №4 со средней части

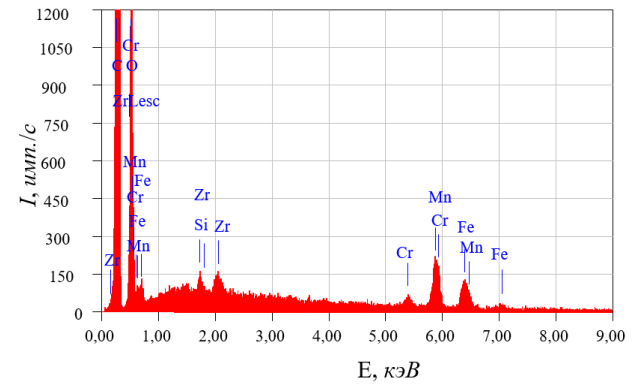
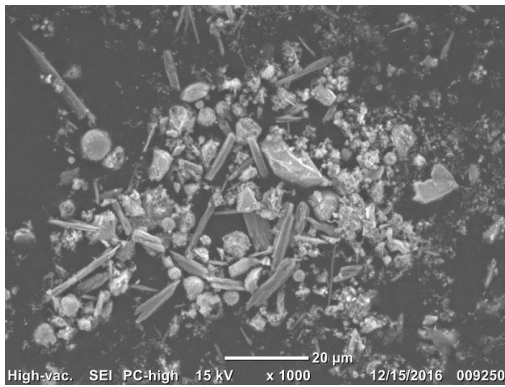


Рис. 3. Микрофотографии и элементный состав осевших аэрозолей на теплообменнике во время эксперимента № 4 с нижней части

Выводы. Изучено влияние условий, имитирующих протекание тяжёлых аварий по параметрам – температура, давление, плотность пара, масс-компонентный состав аэрозоля, на процесс осаждения аэрозолей на разных стадиях развития аварий.

Осаждение аэрозоля на поверхности теплообменника происходит неравномерно в виде фрагментированных рыхлых участков. Стекающий конденсат оказывает значительное влияние на количество и распределение по размеру осевших частиц аэрозоля в разных частях теплообменника. Более мелкие частицы аэрозоля наблюдаются на поверхности верхней части теплообменника, где количество стекающего конденсата наименьшее, а в нижней части теплообменника остаются наиболее крупные частицы аэрозоля. С увеличением времени осаждения толщина и площадь поверхности, покрытой осажденным аэрозолем, увеличивается.

Элементный состав аэрозоля на каждой стадии аварии преимущественно представлен тяжёлыми нерастворимыми компонентами. Осаждение борной кислоты и её

солей на поверхности теплообменника не наблюдалось. Борная кислота присутствовала лишь в следовых количествах. Характер осаждения аэрозолей позволяют сделать вывод о незначительном их влиянии на работоспособность СПОТ ЗО.

Список литературы

1. Powers D.A., Brockmann J.E., Shiver A.W. Vanesa: A Mechanistic Model of Radio-nuclide Release and Aerosol Generation During Core Debris Interactions with Concrete, SAND85-1370, NUREG/CR-4308 (September 1985) Draft.
2. IAEA-TECDOC-DRAFT. Description of natural circulation and passive safety systems in water cooled nuclear power plants. Vienna, 2004. 112 p.
3. Бахметьев А.М., Большухин М.А., Бабин В.А. Задачи расчётно-экспериментального обоснования СПОТ ЗО для АЭС нового поколения // 5-я междунар. науч.-техн. конф. "Обеспечение безопасности АЭС с ВВЭР": сборник трудов. Т. 2. Подольск: ОКБ "Гидропресс", 2007. - С. 303-308.
4. Василенко В.А., Мигров Ю.А., Засуха В.К. Значение и место крупномасштабного стенда КМС в решении проблем безопасности АЭС с ВВЭР // Атомная энергия. 2013. Т. 115. Вып. 4. - С. 189-192.
5. Безлепкин В.В., Затевахим М.А., Кректунов О.П. Экспериментальное исследование системы отвода тепла из объема защитной оболочки на СМК // Атомная энергия. 2013. Т. 115. Вып. 4. - С. 197-201.
6. Пискунов В.Н. Теоретические модели кинетики формирования аэрозолей. Саров, РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2000.
7. Bolshov L., Strizhov V. SOCRAT – The System of Codes for Realistic Analysis of Severe Accidents // Proceedings of ICAPP'06, USA, 2006. - P. 6439.
8. Ульянов Б.А., Бадеников В.Я., Ликучев В.Г. Процессы и аппараты химической технологии: учебное пособие. Ангарск: изд-во АГТА, 2006. - 754 с.

STUDY OF NON-SOLUBLE AEROSOLS DEPOSIT ON HEAT-EXCHANGING SURFACES OF CONTAINMENT PASSIVE HEAT REMOVAL SYSTEM IN CASE OF ACCIDENTS AT NUCLEAR POWER PLANTS

A.A. Fiskov¹, V.V. Bezlepkin¹, S.E. Semashko¹, V.M. Pogrebenkov², A.A. Ditz²

¹«АТОМПРОЕКТ», St. Petersburg, 197183, e-mail: AAFiskov@atomproekt.com

²Tomsky Polytechnic University, Tomsk, 634050, Russia, e-mail: Chtd@tpu.ru

Abstract

One of the main problems during accidents at nuclear power plants (NPP) with water-cooled water-moderated power reactors (VVER) is evaporation of primary coolant into the containment. Non-soluble aerosols together with steam enter the containment; they can deposit on heat-exchanging or other surfaces of equipment in the containment in the form of salts or as is, thereby reducing efficiency of the containment passive heat removal system.

It was studied how conditions that simulate severe accidents (such parameters as temperature, pressure, steam density, aerosol mass composition) influence aerosol deposit at different SA stages. The article presents the results of an experimental study of the process of deposit of non-soluble aerosols and boric acid salts on heat-exchanging surfaces of the containment passive heat removal system (PHRS) in case of severe accidents at NPP; insignificance of aerosol deposit influence on the efficiency of containment PHRS operation is demonstrated.

ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ВОДОХРАНИЛИЩ ВОЛГО-ДОНСКОГО СУДОХОДНОГО КАНАЛА ЗА ПЕРИОД 2016-2018 ГГ.

Л.Н. Фокина¹; М.С. Смолянский²; Н.В. Кучишкина³

*Волгоградский филиал федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии», г. Волгоград, 400001, Россия,
e-mail: ¹lnfokina@mail.ru, ²mihail_stydent@mail.ru, ³gidrotox@mail.ru*

Волго-Донской судоходный канал (ВДСК) является важным звеном обеспечения транзитного судоходства между бассейнами рек Волги и Дона с выходом в южные и северные моря страны.

Длина канала составляет 101 км, из которых 45 км приходится на три водохранилища: Береславское, Варваровское и Карповское, общая площадь которых составляет 84 км² [1]. В настоящее время водные ресурсы водохранилищ используются для судоходства и ирригации, кроме того, водохранилища являются рыбопромысловыми водоемами, в которых обитают ценные промысловые виды рыб [2]. Карповское и Варваровское водохранилища имеют статус гидрологических памятников природы регионального значения [3].

Следует отметить, что ВДСК характеризуется достаточно неблагоприятными гидрологическими условиями. Весенний паводок на реках Червленной и Карповке настолько мал, что не покрывает потерь воды канала на испарение [4]. В связи с этим Волго-Донской канал является полностью накачным. Питание канала водой осуществляется из Цимлянского водохранилища при помощи трех каскадно-расположенных насосных станций.

В последнее время обострились проблемы, связанные с постоянно возрастающей антропогенной нагрузкой на водохранилища ВДСК, так ежегодно через бассейн Волго-Донского канала проходит более 10 тысяч единиц судов [5]. Интенсивное судоходство и связанное с ним загрязнение водоема, ежегодные дноуглубительные работы, поступление загрязняющих веществ с водосборных площадей, используемых в качестве сельскохозяйственных и садоводческих угодий оказывают негативное влияние на биологические ресурсы водоема [6].

В связи с этим становится актуальной проблема постоянного мониторинга состояния среды обитания водных биоресурсов водохранилищ ВДСК, позволяющего своевременно выявлять негативное воздействие на окружающую среду.

Целью нашего исследования является оценка гидрохимического режима водохранилищ ВДСК за период 2016-2018 гг.

Материалы и методы исследований. Материалом послужили данные гидрохимического исследования воды водохранилищ ВДСК, проводимого в рамках Государственного мониторинга водных биологических ресурсов (ВБР) и среды их обитания на базе аккредитованной лаборатории гидрохимии и токсикологии Волгоградского отделения ФГБНУ «ГосНИОРХ» в 2016-2018 гг. Отбор проб воды осуществлялся в весенний, летний и осенний период на 3 станциях (рис. 1.). Пробы отбирались послойно с разных глубин и объединялись в интегрированные по глубине.

Количественный химический анализ проб воды производился согласно утвержденным методикам по следующим показателям: кислород растворенный, рН, биохимическое потребление кислорода за 5 суток (БПК₅), перманганатная окисляемость (ПО), ионы аммония, нитрит ионы, нитрат ионы, фосфат ионы, марганец, железо общее, медь, свинец, нефтепродукты.

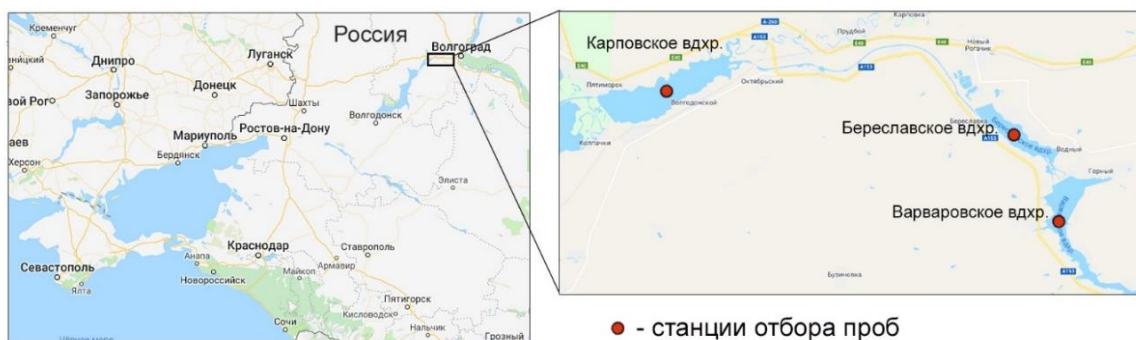


Рис. 1. Схема расположения станций отбора проб на водохранилищах ВДСК

Результаты исследований и их обсуждение. Результаты гидрохимического мониторинга за летний период 2016-2018 гг. по приоритетным показателям, характеризующим особенности среды обитания ВБР представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты анализов воды водохранилищ ВДСК за летний период 2016-2018 гг.

Показатель	Единицы измерения	Варваровское водохранилище			Береславское водохранилище			Карповское водохранилище		
		2016	2017	2018	2016	2017	2018	2016	2017	2018
Т _{воды}	°С	24	24,6	25,3	23,9	24,8	21,2	26	25,7	23,7
рН	ед. рН	8,79	8,28	8,17	8,31	8,2	7,97	9,19	8,14	8,18
О ₂ раств.	мг/дм ³	6,98	2,37	10,78	7,56	3,13	9,32	7,5	3,47	7,03
	% нас.	82,5	35,5	119	91,1	37,8	85,7	93,3	40,2	84,2
БПК ₅	мгО ₂ /дм ³	<0,5	1,1	1,3	1,2	0,96	1,6	1,2	1	2,8
ПО	мгО/дм ³	6,6	7	6	6,9	7	7	7,8	8	8,9
Аммоний	мг/дм ³	1	0,19	0,19	0,58	0,18	0,22	0,69	0,17	0,47
Нитриты	мг/дм ³	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,021	0,031	0,037	0,24
Нитраты	мг/дм ³	1,2	1,6	0,19	1	0,49	0,85	0,97	0,99	1,3
Фосфаты (по Р)	мг/дм ³	0,21	0,21	0,38	0,19	0,12	0,32	0,26	0,25	0,66
Железо	мг/дм ³	0,093	<0,05	<0,05	0,1	<0,05	<0,05	0,1	<0,05	<0,05
Марганец	мг/дм ³	0,006	0,006	0,0062	<0,005	<0,005	<0,005	0,008	<0,005	<0,005
Медь	мг/дм ³	0,0014	0,0007	0,0027	0,0041	0,0011	0,0019	0,0019	0,0026	0,0035
Свинец	мг/дм ³	<0,0005	<0,0005	0,0057	0,0013	0,001	0,0036	<0,0005	0,002	0,0024
Нефтепродукты	мг/дм ³	<0,02	нет данных	<0,02	<0,02	нет данных	0,022	0,027	0,27	<0,02

Насыщение воды растворенным кислородом в летний период 2016, 2018 гг. характеризуется высокими значениями, благоприятными для жизнедеятельности ВБР. Исключение составил летний период 2017 года, когда во всех водохранилищах наблюдалось низкое содержание растворенного кислорода (менее 6 мг/дм³), что привело к возникновению заморов в Варваровском водохранилище.

Как отмечалось выше, поступление воды в водохранилища с водосборных площадей является минимальным. Поэтому можно считать, что все органическое вещество, находящееся в них, имеет автохтонную природу. Интенсивность его продуцирования косвенно характеризуется величинами БПК₅ и ПО. В 2016-2017 годах эти показатели не превышали 1,2 мгО₂/дм³ и 8 мгО/дм³ соответственно, что близко к уровню мезотрофных водоемов. По нашим данным в летний период 2018 года наблюдается увеличение значений БПК₅, так в Карповском водохранилище его величина возросла почти в 2,5 раза (рис. 2.), что свидетельствует о эвтрофировании водохранилищ.

Кроме того, одним из факторов, вызвавших изменение трофического статуса водохранилищ, явилось высокое содержание фосфатов. Их количество было высоким и в 2016-2017 годах, но значительное увеличение концентрации фосфатов отмечено в

2018 году (рис. 3.). Причиной данного явления может быть высокая степень зарастаемости водохранилищ высшей водной растительностью и нарушение обмена между минеральной и органической формами фосфора и живыми организмами, т.к. использованные в процессах жизнедеятельности фосфаты возвращаются обратно в воду. Природу и стабильность произошедших изменений трофического статуса предполагается определить в ходе дальнейших исследований.

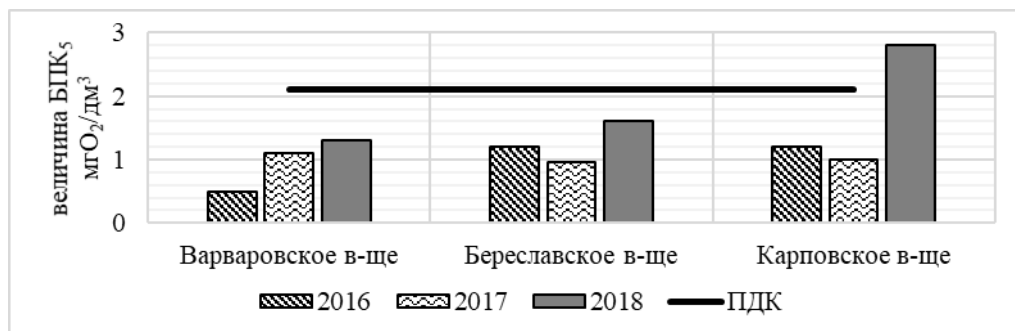


Рис. 2. Изменение величины BPK₅ в водохранилищах ВДСК в летний период 2016-2018гг.

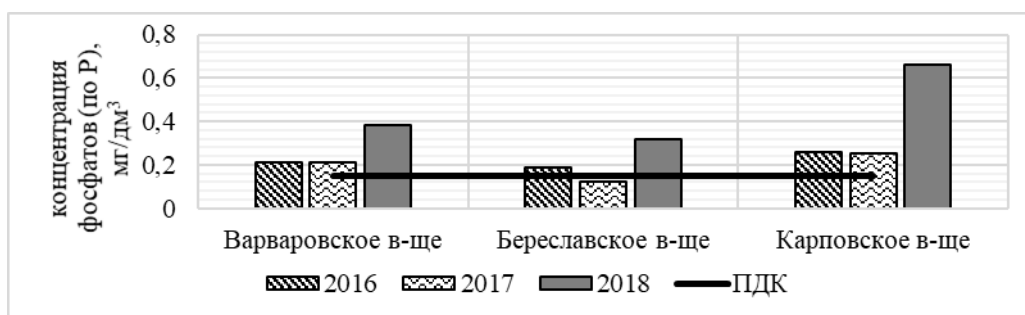


Рис. 3. Динамика изменений концентрации фосфатов (в пересчете на Р) в водохранилищах ВДСК в летний период 2016-2018гг.

Проведенные исследования показали, что для водохранилищ ВДСК в целом характерны не высокие концентрации азотсодержащих соединений, так в исследуемый период наблюдаются незначительные колебания значений суммы минерального азота по руслу ВДСК. Более высокие концентрации минерального азота преимущественно характерны для Карповского водохранилища (рис. 4.), что вероятно обусловлено влиянием воды, поступающей из Цимлянского водохранилища.

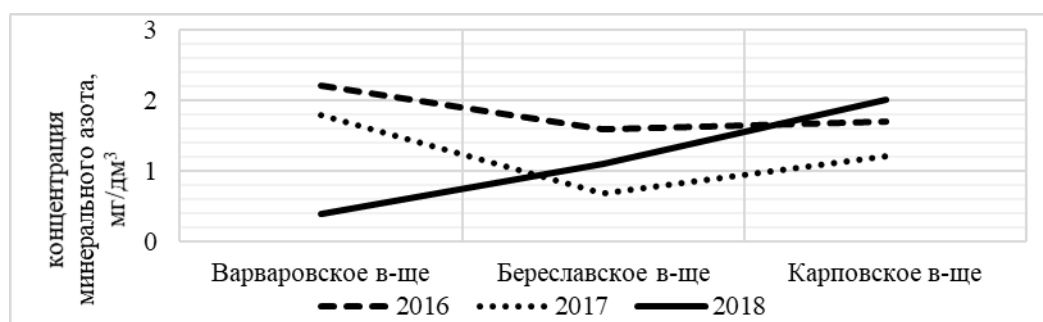


Рис. 4. Динамика изменений концентрации суммы минерального азота в водохранилищах ВДСК в летний период 2016-2018гг.

В исследуемый период наблюдаются значительные колебания концентрации меди (рис. 5.), что вероятно, обусловлено естественными процессами - гибелью фитопланктона способного накапливать медь, а также миграцией данного элемента из донных отложений. В целом для большинства водохранилищ фиксируется увеличение массовой концентрации меди до значений, превышающих ПДК (0,001 мг/дм³).

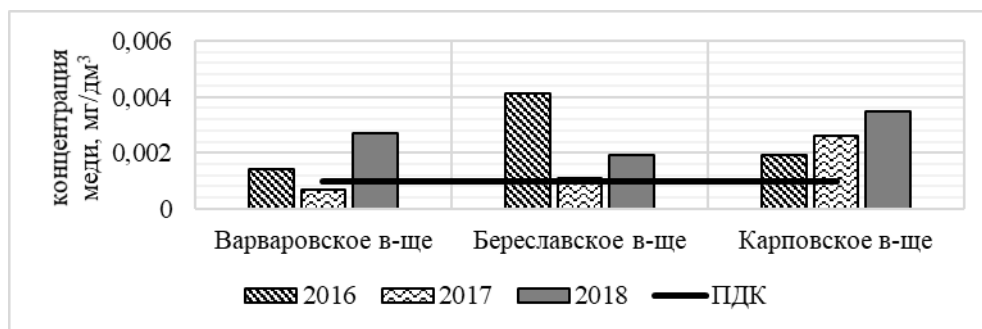


Рис. 5. Динамика изменений массовой концентрации меди в водохранилищах ВДСК в летний период 2016-2018гг.

Помимо природных факторов, формирующих гидрохимический фон водохранилищ, большую роль играет деятельность человека, результатом антропогенного влияния является обнаружение в отдельные периоды исследований высоких концентраций нефтепродуктов превышающих ПДК ($0,05 \text{ мг/дм}^3$) (рис. 6.). За исследуемый период для Карповского водохранилища отмечено превышение ПДК по нефтепродуктам весной и летом 2017 года в 2 и 5,4 раза соответственно, а также осенью 2018 года, в 3,2 раза.

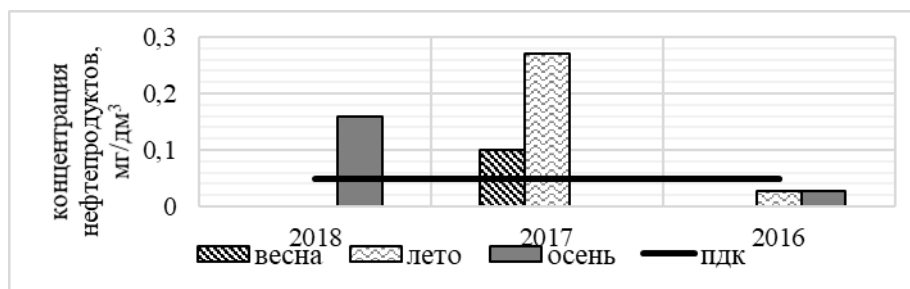


Рис. 6. Динамика изменений концентрации нефтепродуктов в Карповском водохранилище в 2016-2018гг.

Массовая концентрация свинца во все периоды отбора не превышает значений ПДК ($0,006 \text{ мг/дм}^3$). Однако, в исследуемый период практически на всех участках мониторинга наблюдается тенденция к увеличению его концентрации (рис. 7.). Вероятно, частично это обусловлено миграцией свинца из донных отложений, а также поступлением данного элемента из подсланевых вод водных транспортных средств.

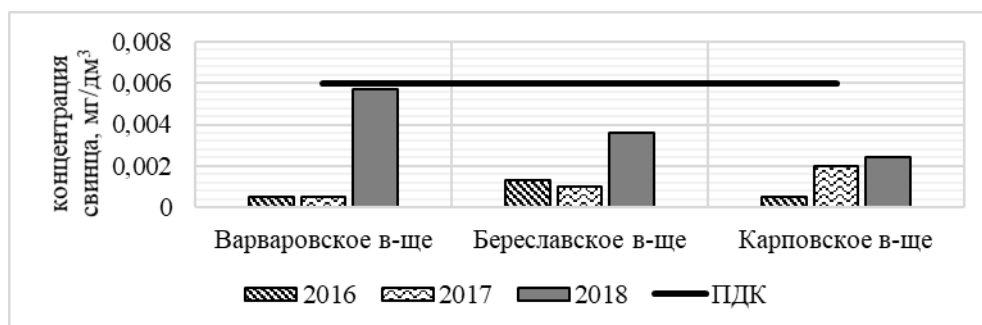


Рис. 7. Динамика изменений массовой концентрации свинца в водохранилищах ВДСК в летний период 2016-2018гг.

Таким образом, по результатам проведенного гидрохимического мониторинга за трехлетний период можно отметить следующие основные тенденции:

- насыщение воды растворенным кислородом в целом характеризуется высокими значениями благоприятными для жизнедеятельности ВБР. За все периоды

наблюдения низкий уровень кислорода отмечались только в летний период 2017 года, когда наблюдались высокие средние температуры воздуха в течении всего лета;

- в летний период 2018 года по сравнению с 2016-2017 гг. на всех участках исследования наблюдается увеличение концентрации фосфатов до величин, превышающих ПДК что свидетельствует о повышении уровня трофности водоема;

- в 2018 году по сравнению с 2017 годом во всех водохранилищах зафиксировано увеличение массовой концентрации меди с превышением ПДК, что, вероятно, обусловлено естественными процессами;

- обнаружение в отдельные периоды исследований высоких концентраций нефтепродуктов, превышающих ПДК, а также зафиксированный постоянный рост концентрации свинца во всех водохранилищах свидетельствуют о высоком антропогенном влиянии на водоемы.

Список литературы:

1. Мелиорация и водное хозяйство. Т.5. Водное хозяйство: Справочник / Под ред. И.И. Бородавченко. – М.: Агропромиздат, 1988. – 399 с.
2. Рыбохозяйственная характеристика Карповского, Береславского и Варваровского водохранилищ и обоснование участков, рекомендуемых для сброса дренажных вод. Отчет. / Рук. В.М. Тюняков. Фонды ВО ФГНУ ГосНИОРХ. – Волгоград, 1979. – 88 с.
3. Брылев В.А. Проблема обоснования и сохранения гидрологических памятников природы Волгоградской области / В.А. Брылев, Н.Р. Новратюк // Двадцать девятое пленарное межвузовское координационное совещание по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов / Под ред. Р.С. Чалов. – ФГБОУ ВПО «УлГПУ им. И.Н. Ульянова» г. Ульяновск, 2014. – С. 60-62.
4. Крайнова В.В. Анализ тарифной политики ФБУ «Администрация Волго-Донского бассейна внутренних водных путей» на услуги водоснабжения и орошения в 2017–2023 гг. / В.В. Крайнова, Н.М. Гречко // Вестник ВГАВТ. Выпуск 48. – Н. Новгород: Изд-во ФГБОУ ВО «ВГУВТ». – 2016. – С. 174-182.
5. Итоги навигации на Волго-Доне // seaneews.ru: информационно-аналитическое агенство. 2018. 29 нояб. URL: <http://seaneews.ru/2018/11/29/ru-itogi-navigacii-na-volgo-done/> (дата обращения: 10.04.2019)
6. Смолянский М.С. Токсикологическая оценка среды обитания водных биологических ресурсов Карповского водохранилища методом биотестирования / М.С. Смолянский, Л.Н. Фокина // Современные вопросы экологического мониторинга водных и наземных экосистем: материалы Международной научной конференции молодых ученых, 26-29 октября 2015 г., г. Ростов-на-Дону, ФГБНУ «АзНИИРХ». – Изд-во: ФГБНУ «АзНИИРХ», 2015. – С. 235-240.

HYDROCHEMICAL MONITORING OF RESERVOIRS THE VOLGA-DON SHIPPING CANAL OVER THE PERIOD 2016-2018

L.N. Fokina¹, M.S. Smolyansky², N.V. Kuchishkina³

Volgograd Branch of Russian Federal «Research Institute of Fisheries and Oceanography», Volgograd, 400001, Russia,

e-mail: ¹Infokina@mail.ru, ²mihail_stydent@mail.ru, ³gidrotox@mail.ru

Abstract

The article presents the results of hydrochemical monitoring of water ecosystems of Reservoirs the Volga-Don Shipping Canal over the period 2016-2018. The data on the change in the content of nitrite, nitrate, ammonium, phosphate, copper ions, lead ions, oil products in the waters of Reservoirs the Volga-Don Shipping Canal were analyzed. The main trends in the changes data of hydrochemical characteristics for three years been reviewed.

К ВОПРОСУ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПЛОСКИХ СОЛНЕЧНЫХ ГЕЛИОУСТАНОВОК

С.Е. Фрид¹, Э. Ю. Рахимов², Б.Б. Болиев²

¹Объединенный институт высоких температур РАН, Москва, 125412, РФ,
e-mail: s.frid@oivtran.ru

²Физикотехнический институт АН РУз, Ташкент, 100084, Узбекистан,
e-mail: eyurakhimov@gmail.com

Освоение экологически чистых возобновляемых источников энергии (ВИЭ) является стратегической задачей, определяющей перспективы устойчивого развития многих стран, а также удаленных от сетей централизованного энергоснабжения регионов, в условиях постепенного истощения дешевых запасов ископаемого органического топлива и угрозы все большего антропогенного загрязнения окружающей среды. Многие технологии использования ВИЭ уже сегодня достигли уровня конкурентоспособности и постепенно выходят на рынок. Солнечная и ветровая энергия все шире используются для производства электроэнергии, нагрева различных теплоносителей и других энергетических приложений. Точный учет влияния солнечного излучения и ветра на освещенность и энергетический баланс зданий является основой бурно развивающейся энергосберегающей и, так называемой "солнечной" архитектуры.

Среди ВИЭ, солнечная энергия занимает лидирующее положение. Суммарный поток энергии солнечного излучения, поступающий на поверхность Земли, во много раз превышает мощность действующих в мире энергоустановок, а располагаемые ресурсы солнечной энергии на территориях всех стран, в том числе расположенных в высоких широтах, существенно превышают их энергетические потребности на обозримую перспективу. Большинство других возобновляемых источников энергии - ветер, растительная биомасса, водные потоки и волны - имеют солнечное происхождение: возникновение потоков воздушных масс и кругооборот атмосферной влаги обусловлены неравномерностью нагрева поверхности Земли солнечным излучением, а основой роста растений является фотосинтез.

Солнечная энергия доступна повсеместно. Солнечное излучение исходит от источника с яркостной температурой около 6000°С и, с термодинамической точки зрения, является высококачественным первичным источником энергии, допускающим принципиальную возможность его преобразования в другие виды энергии (электроэнергия, тепло, холод и др.) с высоким КПД. Однако, солнечная энергия не является совершенной, имеются нестабильность (суточная, сезонная, погодная) и относительно малая плотность энергетического потока (за пределами атмосферы - около 1,4 кВт/м², на земной поверхности в ясный полдень - около 1 кВт/м², а в среднем за год, с учетом ночей и облачности - от 0,15 до 0,25 кВт/м², что, тем не менее, соответствует ежегодному поступлению на 1 м² земной поверхности энергии, эквивалентной 150:250 кг у.т.).

Такие особенности солнечного излучения и ветра, как первичных источников энергии, затрудняют создание эффективных энергетических устройств, поскольку обуславливают необходимость сооружения приемников солнечного излучения и ветроколес большой площади, а также создания аккумуляторов энергии. В результате, несмотря на бесплатность самих источников энергии, стоимость солнечных и ветровых установок оказывается значительной, что снижает их конкурентоспособность по отношению к традиционным энергоустановкам, особенно, если последние используют дешевое органическое топливо. В этой ситуации надежность исходных

данных о располагаемых ресурсах солнечной и ветровой энергии является одним из определяющих факторов энергетической и экономической эффективности разработки и практического использования таких установок. Для страны Узбекистан, с ее территорией, достоверная оценка потенциала солнечной и ветровой энергии, в конкретном географическом районе, является крайне важной задачей. Только в случае ее решения, разработчики и потребители солнечных и ветровых установок будут иметь обоснованную информацию об эффективности работы оборудования, продолжительности его функционирования в течение года, сроках окупаемости, необходимости установки аккумуляторов, дублирующих мощностей и т.д. [1].

В настоящей работе предприняты попытки определения производительности плоских солнечных фотоэлектрических и тепловых водонагревательных коллекторов в характерных регионах Республики Узбекистан и, на этой основе, в перспективе, создание карты потенциала тепловой и электрической мощности солнечной энергии.

Для реализации данных задач обработан и выполнен анализ актинометрических данных, полученных от 6 метеостанций (период 2012-2018), установленных при содействии Азиатского банка развития (проект ТС 8008 «Развитие использования солнечной энергии в Узбекистане») [2], как основа для оценки ресурсов солнечной энергии по регионам Республики и сравнении с существующими актинометрическими данными.

Также получены и обработаны актинометрические данные из «Справочника по климату СССР» (1964-1983 гг.) [3] и были сопоставлены с актинометрическими данными Республики за последние 15 лет, полученные от «УзГидромет» и международных спутниковых наблюдений.

Наряду с данными прямых многолетних измерений солнечной радиации на метеостанциях, для обеспечения более плотного покрытия территории Узбекистана, использована база данных Национального агентства по авионавигации и исследованию космического пространства США NASA Surface meteorology and Solar Energy (NASA SSE) [4].

По собранным данным определена следующая группа актинометрических параметров:

1. Среднемесячные дневные суммы прямой, рассеянной и суммарной солнечной радиации, падающей на горизонтальную и наклонные поверхности, а также среднемесячные дневные суммы радиации при ясном небе.

2. Среднемесячное число ясных дней.

3. Характеристики положения Солнца (солнечная геометрия).

А также следующая группа актинометрических параметров:

1. Параметры облачности: среднемесячное количество облаков в течение светового дня (%), частота ясного и облачного неба.

2. Температура: Среднемесячная температура воздуха на поверхности земли.

3. Скорость ветра: среднемесячная скорость ветра вблизи поверхности.

Были изучены работы, как мировых, так и местных учёных, по методологии определения данных для районирования. Примером тому является атлас ресурсов солнечной энергии на территории России, в котором авторами [5] были представлены результаты разработок по созданию карт распределения на территории России среднесуточных сумм солнечной радиации и средних скоростей ветра, показателей эффективности солнечных энергоустановок и их методика оценки. Также выполняется работа по разработке национальных стандартов, испытанию плоских солнечных водонагревательных коллекторов и фотоэлектрических модулей, и на этой основе, создание автоматизированных испытательных стендов для определения их основных физических и теплотехнических характеристик [6-7].

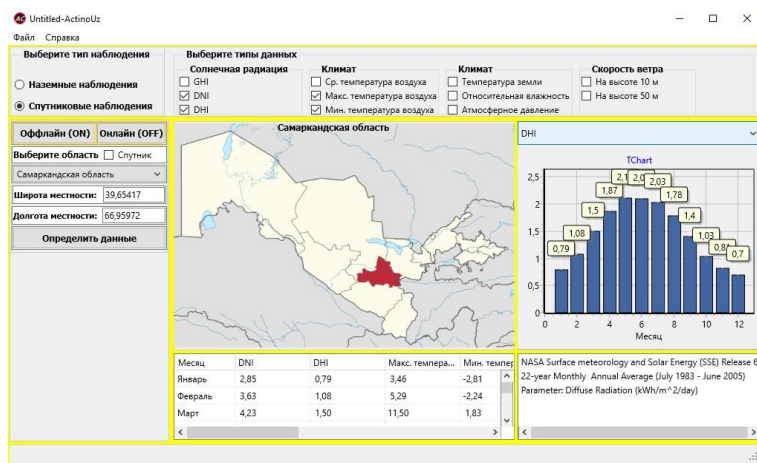


Рис 1. Общий вид программного продукта.

При реализации предложенной программы имеется возможность выявить относительно перспективные регионы страны для эффективного преобразования энергии солнечного излучения в электрическую и тепловую энергию.

Предоставляемые данные, полученные с помощью предлагаемой программы, являются одним из основных факторов подготовки предпроектных обоснований эффективности использования источников энергии, а также поиска и научных обоснований способов и устройств.

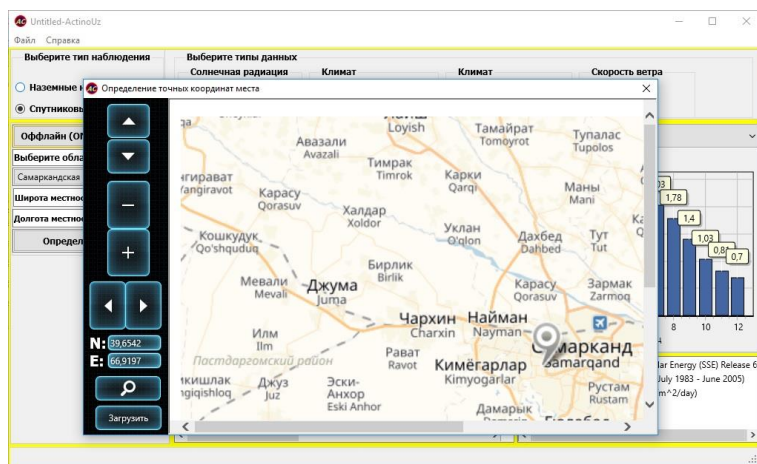


Рис 2. Обзор определения точных координат исследуемой локальной точки.

Одним из наглядных примеров расчёта при помощи программы является определение суммарной солнечной радиации по характерным регионам республики, приведенного на рис. 4, а также число ясных и неясных дней в году (за основу оценки солнечных дней взят показатель суточной энергетической освещенности, при которой работа солнечных коллекторов и панелей отвечает требованиям производительности: $\Sigma q_1 = 1 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2 \cdot \text{день}$), что приведено в табл. 1 [8-10]. Среднегодовая производительность солнечной ФЭС мощностью 100 кВт (с площадью 587,4 м², эффективностью фотоэлектрической панели в 17%), при поступающей годовой глобальной суммарной радиации (GTI) в 1946 кВт·ч/м² на их площадь, вырабатывает 116 МВт·ч электроэнергии [7].

Также определено, что при тех же условиях с производительностью ПСВК 64% и той же площадью поверхности, вырабатывается 681 Гкал тепла в год [11].

Таким образом, данная программа даёт возможность оценить технический потенциал ФЭП и ПСВК в любой точке региона страны.

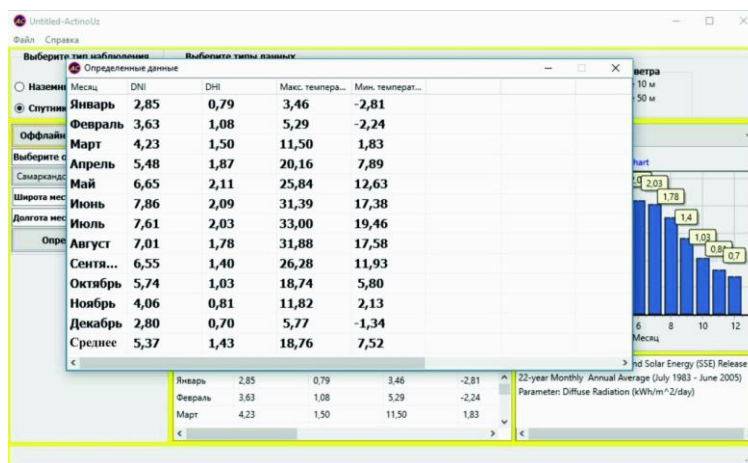


Рис 3. Обзор представления определенных данных.

Таблица 1

Число ясных и неясных дней в году по данным 6-ти метеостанций в регионах РУз

Название метеостанций	Число ясных солнечных дней ($\Sigma q_1 = 1 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2 \cdot \text{день}$)	Число неясных дней ($\Sigma q_1 \leq 1 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2 \cdot \text{день}$)
1. Гузар (Кашкадарья)	323	43
2. Кармана (Навои)	329	37
3. Пап (Наманган)	316	50
4. Паркент (Ташкент)	319	47
5. Шерабад (Сурхандарья)	343	23
6. Дагбит (Самарканд)	331	35

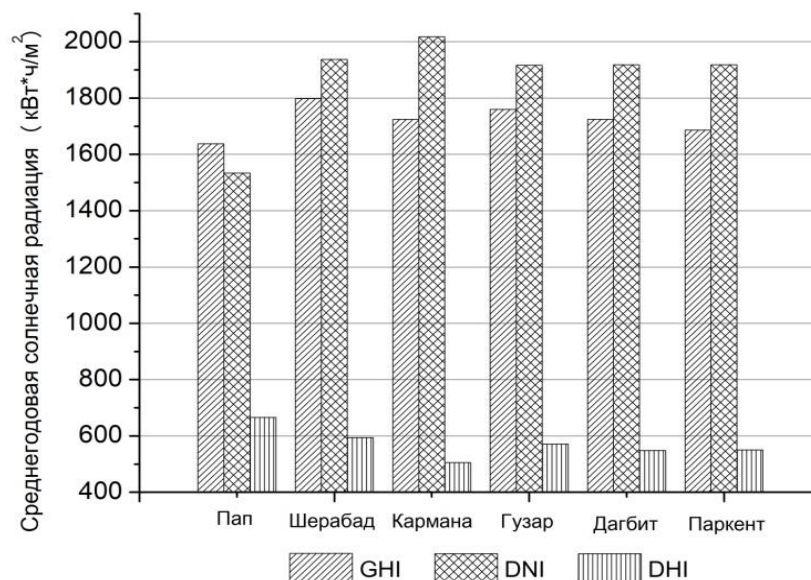


Рис 4. Суммарная солнечная радиация по характерным регионам республики.

Работа выполнена в рамках государственной программы молодежного научно-прикладного проекта ЕФА-Атех-2018-144 Физико-технического института НПО «Физика-Солнце» АН РУз и межгосударственного проекта MRU-FA-65/2017.

Список литературы:

1. Попель О.С. Атлас ресурсов солнечной энергии на территории России// О.С. Попель, С.Е. Фрид, Ю.Г. Коломиец -М.: ОИВТ РАН. 2010. 54 с. - ISBN 5-201-09555-0.

2. UZBTA 8008 АБР «Развитие использования солнечной энергии в Узб.». 2013-2017 гг. С. 109-121.
3. Научно-прикладной справочник по климату СССР // Серия 3, многолетние данные, Ч. 1-6. № 19. Узбекская ССР. Ленинград Гидрометиздат. 1989. 279 с.
4. The NASA Surface Meteorology and Solar Energy Data Set // 2007. <http://eosweb.larc.nasa.gov/sse/>.
5. Андреев Т.И. Атлас ресурсов возобновляемой энергии на территории России / Т.И. Андреев, Т.С. Габдрахманова, О.С. Попель -М.: Географический институт им. Ломоносова, Объединенный институт высоких температур РАН. 2015. 160 с. - ISBN 978-5-7237-1353-6.
6. Авезова Н.Р. Моделирование процессов теплового преобразования солнечной энергии в плоских коллекторах и оптимизация их основных параметров для использования в системах горячего водоснабжения. Автореф. дис. докт. тех. наук. – Ташкент: 2018. 68 с.
7. Авезов Р.Р. История развития и состояние использования солнечной энергии в Узбекистане / Р.Р. Авезов, Н.Р. Авезова, Ш.И. Сулейманов // Гелиотехника. 2012. №1. С. 17-23.
8. Рахимов Э.Ю. Анализ солнечного потенциала Республики Узбекистан / Э.Ю. Рахимов, Ш.Э. Саъдуллаева, Ю.Г. Коломиец // Гелиотехника. 2017. №2. С. 54-57.
9. [9] Авезова Н.Р. Ресурсные показатели используемых СФЭС в Республике Узбекистан / Н.Р. Авезова, Э.Ю. Рахимов, Ж.О. Иззатиллаев // Гелиотехника. 2018. №3. С. 35-42.
10. Авезов Р.Р. Тепловая модель плоского солнечного водонагревательного коллектора / Р.Р. Авезов, Н.Р. Авезова, Э.Ю. Рахимов // Межд. Науч. Ж. «Альтернативная энергетика и экология». 2016. №23-24. С. 12-20.
11. Вохидов А.У. Результаты испытаний двухконтурной солнечной водонагревательной установки в холодный период года// А.У. Вохидов, Ф.Ш. Касимов, М.А. Куралов // Гелиотехника. 2017. №2. С. 29-32.

TO THE QUESTION OF THE PRODUCTIVITY OF FLAT PLATE SOLAR HELIO INSTALLATIONS

S.E. Frid¹, E. Yu. Rakhimov², B.B. Boliev²

¹Joint institute of high temperatures RAS, Moscow, 125412, Russian Federation,
e-mail: s.frid@oivtran.ru

²Physical technical institute AS RUz, Tashkent, 100084, Uzbekistan,
e-mail: eyurakhimov@gmail.com

Abstract

Information on the developed computer software for determining actinometric data is reported, on the basis of long-term observations from satellite and terrestrial measurements for the regions of Uzbekistan. The program is created in Delphi environment for 32 and 64-bit Windows systems.

ВЛИЯНИЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ГАММА-ОБЛУЧЕНИЯ НА ЛАЗЕРНУЮ АБЛЯЦИЮ ПОЛИАМИДА

И.А. Фролов; С.Р. Аллаяров; С.В. Демидов

*Институт проблем химической физики Российской академии наук,
Московская обл. Черноголовка, 142432, Россия, e-mail: sadush@icp.ac.ru*

Исследования лазерной абляции предварительно γ -облученного политетрафторэтилена (ПТФЭ) [1], полиэтилена (ПЭ) [2], сополимера этилена с пропиленом (СЭП) [2] и тройного сополимера этилена с пропиленом и монооксидом углерода (ПОК) [3] показали возможность управления процессом лазерной абляции путем предварительного гамма-облучения, а также возможность получения новых типов лазерных модификатов и повышения устойчивости полимерных материалов к лазеру. Подобная обработка промышленных полимеров ионизирующими излучениями в различных дозах позволяет предложить и реализовать новый подход к вариации химического строения и физического состояния полимерных лазерных мишеней. Радиолит, инициируя химические и физические превращения полимеров [4], вносит существенные изменения в процесс пострадиационной абляции, оптимизируя процесс, направляет его для получения радиационно-лазерных модификатов (наноструктурные порошки [1, 3], волокнистые образования [1], кластерные образования в виде «покрытия» [3]) с новыми свойствами. Однако влияние радиации на лазерную абляцию термопластов изучено далеко недостаточно и требует детального исследования на примере других полимеров. В настоящей работе оно исследовано на примере полиамида марки Полиамид -6 (ПА). Выбор в качестве объекта исследования ПА продиктован, с одной стороны, крупнотоннажностью и дешевизной ПА, что немаловажно для широкого практического применения радиационного способа оптимизации лазерной абляции, с другой стороны, в литературе достаточно много информации о раздельном влиянии радиации [5] на ПА. Это может играть немаловажную роль при определении общих закономерностей радиационно-лазерного воздействия на ПА.

Для исследования использовались пластинки промышленного полиамида-6. Процесс абляции проводился в вакуумной камере установки ВУП-4, дополнительно оборудованной газовым лазером ЛГН-703. Радиолит полимера γ -лучами ^{60}Co проводили при комнатной температуре на установке УНУ «Гамма-100» ИПХФ РАН при мощности дозы 0,15 Гр/с.

При воздействии ИК - излучения CO_2 лазера на ПА трансформация энергии луча реализуется непосредственно через возбуждение тепловых колебаний. При достаточной величине плотности поглощенной полимером мощности происходит дробление макромолекул на фрагменты цепи. Результат термохимических процессов, протекающих на поверхности ПА при ИК - лазерном облучении проявляется следующим образом. В начале, при воздействии лазерного луча, происходит разогрев поверхностного слоя мишени с его расплавлением. Затем начинается вытравливание участков, находящихся под пучком лазера, и формируется характерный микрорельеф поверхности в виде кратера (рис.1 а). Вид поверхностного слоя застывшего кратера в виде пены указывает на то, что под лазером из ПА выделяется газ и этот процесс происходит не из поверхности зоны облучения, а из внутренних точек поверхностного слоя, распределённых случайным образом, и образует отдельные микрократеры (рис.1 б). Вокруг кратера, образующегося при абляции ПОК, нарастает кольцо из расплавленного ПА внутри которого по всей площади абляции прорываются потоки горячего газа, которые после выключения лазера выделяются в виде га-

зовых пузырей внутри застывшего расплава ПА (рис. 1б). При увеличении продолжительности воздействия лазера увеличивается высота кольца, нарастающего вокруг кратера и углубляется кратер. Характерно, что кратер и расплав вокруг него имеют слегка желтоватый цвет, т.е. происходит карбонизация макромолекул ПА в ходе лазерной абляции.



Рис. 1. Фотографии поверхности, сформированной после облучения лазером в течение 10 с (*а, в*) и 30 с (*б, г*) исходного (*а, б*) и предварительно γ -облученных (*в, г*) образцов ПА. Доза γ - облучения 3500 кГр при 300 К.

Образованные в результате термохимической диссоциации фрагменты макромолекул ПА при достижении некоторой (не слишком высокой) молекулярной массы приобретают способность к испарению, и выделяются совместно с газовым потоком. В результате чего образуется абляционный факел. Такой факел состоит из:

I) газообразных компонентов (более 30 типов [10]);

II) газообразных при температуре облучаемой поверхности мишени ПА, но конденсируемых при более низкой температуре продуктов разложения;

III) молекулярных кластеров различных размеров, представляющих собой частицы полимера, вырывающиеся из мишени интенсивным потоком первых двух фракций.

На рис.1в, г приведены фотоснимки облученной лазером поверхности ПА, который до лазерной абляции был радиолитизован дозой 3500 кГр. Гамма-облученный ПА приобретает в зависимости от дозы облучения от желтого до коричневого цвет. Чем больше доза облучения, тем более ярко проявляется коричневый оттенок. Факт изменения цвета полимера от белого до темно желтого в зависимости от дозы облучения также наблюдали при облучении ПА-6 ускоренными электронами [11].

В ходе облучения ИК-лазером, первичное нагревание поверхности пластины ПВДФ и начало разложение макромолекул в расплавленном слое полимера происходит очень быстро. В результате на кривой зависимости потери массы полимера от времени облучения лазером отсутствует индукционный период (рис.1, кривая а). Это обеспечивает мгновенный абляционный поток продуктов разложения полимера. Скорость потеря массы полимером при облучения лазером до 10 сек происходит с ускорением 0.22 мг/сек^2 . В ходе дальнейшего облучения скорость абляции постепенно замедляется и после 40 сек облучения лазером приобретает значение, равное 3.7 мг/сек .

На рис.2 приведены кривые зависимости интенсивности абляции ПА от времени воздействия лазерного луча в образцах полимера, предварительно облученных гамма – лучами дозой 35 кГр (кривая б), 80 кГр (кривая в) и 3500 кГр (кривая г). Ход кривых зависимостей скорости абляции от времени облучения лазером для полимера, облученного γ - лучами дозой 35 и 80 кГр имеет практически одинаковый вид (рис.2, кривые б,в). При этом для образцов с дозой радиолита 35 кГр, абсолютные значения скорости абляции имеют большую величину, чем для образцов, облученных 10 кГр. Повышение дозы γ - облучения до 3500 кГр приводит к изменению вида кривой за-

висимости от времени пострадиационной лазерной абляции (рис.1, кривая г). При абляции таких образцов наблюдается линейная кривая зависимости абляции от времени лазерного облучения с ускорением 0.15 мг/сек^2 (рис.1, кривая г).

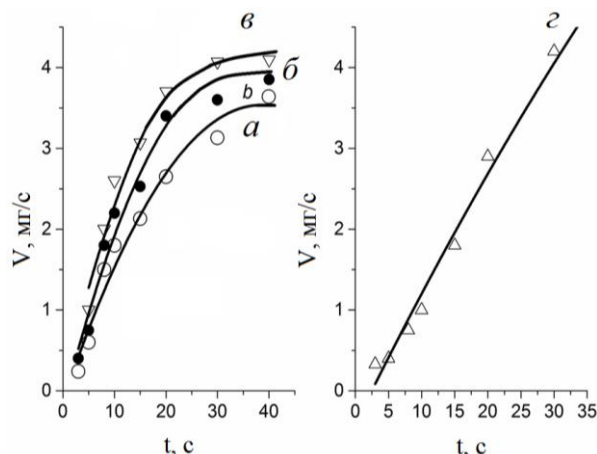


Рис. 2. Зависимость потери массы полимера от времени лазерного облучения исходного (а) и γ -облученного (б-з) полимера. Доза предварительного γ -облучения (кГр): 35 (б), 80 (в) и 3500 (з).

Результаты экспериментов показывают, что, повышая дозу предварительного γ -облучения, можно ускорить лазерную абляцию ПА. Ускорение лазерной абляции также наблюдалось при гамма-облучении ПТФЭ [1], ПЭ [2], СЭП [2] и ПОК [3].

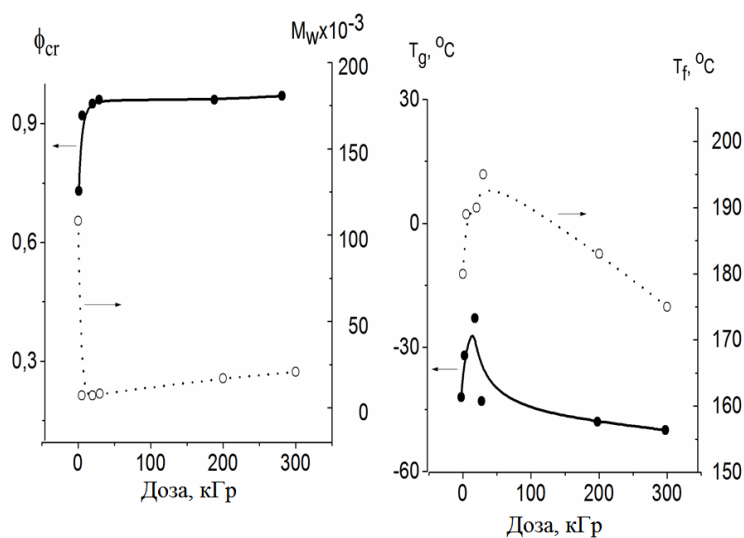


Рис.3. Зависимость от дозы γ - облучения от массовой доли цепей кристаллического блока ПА (а), средневесовой молекулярной массы (б), температур стеклования (в) и начало молекулярного потока (з).

На рис.3 приведены зависимости параметров молекулярно-топологической структуры ПА от дозы гамма-облучения.

В зависимостях от дозы гамма-облучения усредненной по блокам молекулярной массе полимера (M_w), весовой доле кристаллической фракции ПА (ϕ_{cr}), температурах стеклования аморфной фракции (T_g) и молекулярного течения полимера (T_f) заметное изменение происходит при относительно малых дозах облучения (до 30-50 кГр). С увеличением дозы гамма-облучения температура стеклования и молекулярного течения в начале повышаются симбатно, а затем спадают. Характер их изменения имеет экстремальный вид, В отличие от них, на кривых зависимостях доли кристаллической фазы и усредненной молекулярной массы полимера изменения происходят до определенной дозы, и при дальнейшем повышении дозы гамма-облучения

наблюдается постоянство значения этих параметров. Если сравнить данные на рис. 4 с данными на рис.3, то видна их адекватность. Таким образом, наблюдаемые в скорости лазерной абляции ПА от дозы предварительного гамма-облучения, видимо, являются следствием молекулярно-топологических изменений, вносимых радиацией.

Заключение. Исследовано влияния предварительного γ -облучения на ускорение скорости лазерной абляции полиамида. Линейное увеличение интенсивности наблюдается в течение лазерной абляции полиамида, предварительно облученного γ -лучами в дозе 3500 кГр. В образце полиамида, гамма-облученном дозой 3500 кГр, наблюдается линейный рост интенсивности лазерной абляции со скоростью 0,15 мг/с от времени воздействия лазера. Для образцов полиамида, радиолитизованных дозой до 100 кГр, скорость абляции запределивается на уровне 3,5 мг/с. Радиолитиз дозой 10-20 кГр вызывает экстремальные изменения молекулярно-топологических параметров и максимальный уровень роста скорости лазерной абляции. Предварительное облучение γ -лучами можно использовать для оптимизации лазерной абляции полиамида.

Эта работа была выполнена при поддержке темы № 0089-2019-0008 Государственного задания с использованием оборудования Аналитического центра коллективного пользования ИПХФ РАН (Россия) и при частичной финансовой поддержке Государственной программы научных исследований Беларуси «Полимерные материалы и технологии», задания 6.04, 6.67.

Список литературы:

1. Olkhov Yu. A. The effect of continuous CO₂ laser radiation on the thermal and molecular – topological properties of polytetrafluoroethylene /Yu. A. Olkhov, S. R. Allayarov, E. M. Tolstopyatov, P. N. Grakovich, L. A. Kalinin, Yu.A. Dobrovolskii, D.A. Dixon. // High Energy Chemistry. 2010, - Vol. 44, - P.63-74.
2. Allayarov S. R. Effect of Gamma-Ray Pre-Irradiation on the Ablation of Polyethylene and Ethylene- Propylene Copolymer Under Continuous CO₂ Laser Radiation / Allayarov S. R. Allayarov, E. M. Tolstopyatov, D. A. Dixon, L.A. Kalinin, P.N. Grakovich, L.F. Ivanov, G.P. Belov, O.N. Golodkov // Journal of Russian Laser Research. 2017, Vol.38, -P. 369-374.
3. Golodkov O.N. The effect of gamma -irradiation on laser ablation of polyketone / O.N. Golodkov, Yu. A. Olkhov, S. R. Allayarov, P.N. Grakovich, G.P. Belov, LF Ivanov, LA Kalinin, D.A. Dixon // High Energy Chemistry. 2013, -Vol. 47, -P. 77 - 82.
4. Ivanov V. S. Radiation Chemistry of Polymers / V. S. Ivanov. - Leiden: VSP, 1992. - P. 321.
5. Menchaca C. Mechanisms for the modification of nylon 6,12 by gamma irradiation / C. Menchaca, A. Alvarez, G. Martinez, H. Lopez, H. Carrasco, V. M. Castano // Int. J. of Materials & Product Technology. 2003, -Vol. 19, -P. 521.
6. Li B. Influence of the fold surface of the lamellae on radiation effects—research on irradiated polyamide-1010 containing heterogeneous nuclei. / B. Li, J. Yu, L. Zhang, Q. Liang / Polym. Int. 1996, -Vol.39, -P. 295.
7. Kuper S. Threshold behavior in polyimide photoablation: Single-shot rate measurements and surface-temperature modeling / S. Kuper, J. Brannon, K. Brannon // Appl. Phys. A: Solids Surf. 1993. -Vol.56, -P. 43-50.
8. Srinivasan R. Chemical transformations of the polyimide Kapton brought about by ultraviolet laser radiation / R. Srinivasan, R. R. Hall, W. D. Wilson, W. D. Loehle, D. C. Allbee // J. Appl. Phys. 1995, -Vol.78, -P. 4881.
9. Olkhov Yu. A. Morphology of polyvinylidene fluoride and the copolymer of tetrafluoroethylene with ethylene using thermomechanical analysis / Olkhov Yu. A. Olkhov, S.

- R. Allayarov, T. A. Konovalova, L. D. Kispert, D. E. Nikles // J. Appl. Pol. Sci. 2008, -Vol.108, -P. 2085 – 2094.
10. Cefalas A.C. Mass spectroscopy and ablation characteristics of nylon 6.6 in the ultra-violet / A.C. Cefalas, N. Vassilopoulos, E. Sarantopoulou, Z. Kollia, C. Skordouli // Applied Physics. 2000, -Vol. A70, -P. 21 -28.
11. Timus D. M. Modification of some properties of polyamide-6 by electron beam induced grafting / D. M. Timus, C. Cincu, D. A. Bradley, G. Craciun, E. Mateescu. // Appl. Rad. and Isotopes. 2000, -Vol. 53, -P. 937.

**EFFECT OF THE PRELIMINARY GAMMA - IRRADIATION
ON THE LASER ABLATION OF POLYAMIDE.**

I.A. Frolov, S.R. Allayarov, S.V. Demidov

*Institute of Problems of Chemical Physics, Russian Academy of Sciences,
Moscow Region, Chernogolovka, 142432, Russia, e-mail: sadush@icp.ac.ru*

Abstract

Studies of laser ablation of preliminarily γ -irradiated polymers, including polyethylene, polytetrafluoroethylene, an ethylene-propylene copolymer and a terpolymer of ethylene with propylene and carbon monoxide, demonstrate the possibility of controlling the amount of laser ablation. Radiolysis, by initiating chemical and physical transformations in polymers, introduces significant changes in the laser ablation process. Pre-irradiation can lead to modifications of the polymers after laser ablation, including the formation of nanostructural powders, fibrous formation and cluster formation in the top layer. However, the effect of pre-irradiation on laser ablation of thermoplastics has not been studied sufficiently, and further studies of other polymers are needed. Such treatments of industrial polymers with ionizing radiation in various doses make it possible to propose and implement a new approach to control the variation of the chemical structure and physical state of polymer laser targets. In the present work, studies of this effect on polyamide-6 (nylon) are reported. A linear increase of the rate (0.15 mg/s) of the laser ablation is observed during the laser irradiation of the polymer irradiated previously with γ - rays at a dose of 3500 kGy. The changes in the molecular relaxation characteristics in the polyamide topological blocks are extreme in the area of dose of γ -irradiation 10 – 20 kGy. The maximum level of growth of the rate of laser ablation of the polymer target occurs in this dose range. The data obtained make it possible to use small doses of radiation to optimize the laser ablation of the polyamide.

О БОМБОРДИРОВКЕ НАГАСАКИ И ЕЕ ПОСЛЕДСТВИЯХ

М.А. Фролова, П.А. Пономаренко

ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», Институт ядерной энергии и промышленности, г. Севастополь, РФ, e-mail: frolova-85@mail.ru

Статья посвящена анализу радионуклидного загрязнения окружающей среды после атомной бомбардировки Хиросимы. В основу анализа положена мощность тротилового эквивалента взрыва.

Введение. 16 июля 1945 года в 5:30 утра в штате Нью-Мексико на пустынной территории в 80 км от авиабазы Аламогордо на металлической башне высотой 30 м была взорвана 1 в мире атомная бомба мощностью взрыва 20 килотонн тротила. [1,2,3] Эта дата считается началом атомного века.

В это время в стадии готовности находились ещё 2 атомные бомбы: «Малыш» – урановая бомба, содержащая 64 кг высокообогащённого урана, и «Толстяк» – плутониевая бомба, содержащая 6 кг плутония.

Принципиальное решение о применении их против японских городов было принято президентом США Гарри Трумэном и премьер-министром Великобритании – Уинстоном Черчиллем. [1]

Однако после встречи в апреле 1945 г министра обороны США Генри Льюиса Стимсона с Трумэном было принято решение создать специальный консультативный комитет из гражданских лиц и учёных для определения целесообразности применения атомных бомб.

В состав комитета вошли: председатель – Стимсон (министр обороны США); фактический заместитель председателя – Джордж Л. Гаррисон (президент нью-йоркской страховой компании «Лагтер Иншуренс» и специальный советник в министерстве обороны США).

Членами комитета были: Джеймс Ф. Бирнс – частное лицо, личный представитель Трумэна; Ральф А. Бард – заместитель военно-морского министра; Уильям Л. Клинтон – помощник государственного секретаря; Ванневар Буш – директор Управления научных исследований и усовершенствований (УНИУ) и президент Института Карнеги в Вашингтоне; Карл Т. Комптон – начальник канцелярии полевой службы при УНИУ и президент Массачусетского технологического института; Джеймс Б. Конент – председатель исследовательского комитета по вопросам государственной обороны (ИКГО) и президент Гарвардского университета.

Для помощи в работе Временному комитету Стимсоном были приглашены четыре видных физика-ядерщика, играющие важную роль в ядерных работах с самого начала «Манхеттенского проекта»: доктора Артур Х. Комптон, Энрико Ферми и Эрнест О. Лоуренс – все лауреаты Нобелевской премии в области физики, и Ю. Роберт Оппенгеймер – научный руководитель лаборатории, где завершилось создание атомной бомбы.

Заключительное заседание комитета состоялось 31 мая 1945 года. На этом заседании кроме перечисленных лиц присутствовали: генерал Джордж С. Маршалл – начальник штаба сухопутных войск США и генерал Лесли Р. Гровс – военный руководитель «Манхеттенского проекта».

1 июня 1945 года Временный комитет единодушно вынес следующее решение:

1. На Японию атомную бомбу сбросить необходимо и как можно ранее;
2. Цель для сбрасывания бомбы должна быть двойная: военный объект или военный завод, окружённый жилыми домами (жилым массивом);
3. Бомбу следует сбросить без предупреждения противника о характере оружия.

Временный комитет сыграл важную роль в решении вопроса о применении бомбы, но его рекомендации носили совещательный характер. Окончательное решение об атомной бомбардировке было принято президентом США Трумэнном после бесед с военными руководителями США и Уинстоном Черчиллем, которые единогласно и настойчиво выразились о скорейшей атомной бомбардировке Японии.

Для атомной бомбардировки были определены 5 городов: Киото, Хиросима, Коккура, Нагасаки и Ниигата. Когда министру обороны Стимсону были представлены на утверждение планы атомного нападения на Японию, он вычеркнул из списка Киото – древнюю столицу Японии и храм японского искусства и культуры.

Таким образом, в зависимости от погодных условий, только 2 города из четырёх должны быть подвергнуты атомной бомбардировке. Ими стали Хиросима, на которую была сброшена урановая бомба «Малыш» и Нагасаки, на которую была сброшена плутониевая бомба «Толстяк» [3].

Анализ взрыва. Тротильный эквивалент каждой из бомб оценивался в 20 кт тротила. При взрыве 1 кг тротила выделяется энергия $4,19 \cdot 10^6$ Дж. [3]

При взрыве 20 кт тротила выделившаяся энергия составит: $4,19 \cdot 10^6 \cdot 2 \cdot 10^7 = 8,38 \cdot 10^{13}$ Дж.

При делении 1 ядра ^{235}U выделяется энергия $3,2 \cdot 10^{-11}$ Дж. [4] Таким образом, при взрыве «Малыша» разделилось $2,62 \cdot 10^{24}$ ядер ^{235}U , его масса составила 1 022 г, что согласно закону А. Эйнштейна об эквивалентности массы и энергии, эквивалентно 0,931 г массы.

Это произошло примерно за 10^{-6} с и при этом выделилось $6,4 \cdot 10^{24}$ нейтронов деления со средней энергией 200 МэВ. Энергия мгновенных гамма-квантов, сопровождающих деление, составила $2,05 \cdot 10^{25}$ МэВ = $3,29 \cdot 10^{12}$ Дж. [8]

Спектр мгновенных гамма-квантов непрерывен, но если принять его линейчатым и выделить 7 групп, то:

- с энергией 1 МэВ в момент взрыва выделилось $9,04 \cdot 10^{24}$ γ -квантов,
- с энергией 2 МэВ – $3,1 \cdot 10^{24}$ γ -квантов,
- с энергией 3 МэВ – $1,5 \cdot 10^{24}$ γ -квантов,
- с энергией 4 МэВ – $2,62 \cdot 10^{24}$ γ -квантов,
- с энергией 5 МэВ – $1,26 \cdot 10^{22}$ γ -квантов,
- с энергией 6 МэВ – $6 \cdot 10^{22}$ γ -квантов,
- с энергией 7 МэВ – $9,7 \cdot 10^{21}$ γ -квантов.

Продукты деления ядер ^{235}U представляют собой сложную смесь более чем 200 радионуклидов, большую часть активности которых составляют короткоживущие радионуклиды. [5,6] Но после взрыва «Малыша» образовались радионуклиды с периодом полураспада от нескольких суток до десятков лет и более, которые значительно повлияли на степень причинённого ущерба окружающей среде (табл. 1).

Для оценки количества образовавшихся после взрыва ядер радионуклидов использовалась формула:

$$N_i^{\text{ядер}} = N_{U-5} \cdot \% \quad (1)$$

где N_{U-5} – количество разделившихся ядер ^{235}U ;

% – выход ядер определённого радионуклида на одно деление ^{235}U . [8]

Масса образовавшихся радионуклидов рассчитана по формуле:

$$m_i = \frac{M_i \cdot N_i^{\text{ядер}}}{N_A} \quad (2)$$

где M_i – молярная масса образовавшегося радионуклида;

$N_i^{\text{ядер}}$ – количество образовавшихся после взрыва ядер радионуклидов;

N_A – число Авогадро (= $6,023 \cdot 10^{23}$).

Активность образовавшихся радионуклидов рассчитана по формуле:

$$A_i^{\text{обп.}} = N_i^{\text{ядер}} \cdot \lambda \quad (3)$$

где λ – постоянная распада (вероятность распада ядер в единицу времени).

Таблица 1

Выход некоторых продуктов деления при ядерном взрыве

№ п/п	Радионуклид	Период полураспада	λ , с ⁻¹	Выход на одно деление, %
1	³ H	12,3 лет	$1,79 \cdot 10^{-9}$	0,01
2	¹⁴ C	5570 лет	$2,95 \cdot 10^{-12}$	*
3	⁸⁹ Sr	50,5 сут.	$1,6 \cdot 10^{-7}$	2,56
4	⁹⁰ Sr	28,6 лет	$8 \cdot 10^{-10}$	3,5
5	⁹³ Zr	$1,11 \cdot 10^6$ лет	$1,98 \cdot 10^{-14}$	6,4
6	⁹⁵ Zr	64 сут.	$1,3 \cdot 10^{-7}$	5,07
7	⁹⁵ Nb	36 сут.	$2,2 \cdot 10^{-7}$	4,3
8	¹⁰³ Ru	39,5 сут.	$2 \cdot 10^{-7}$	5,2
9	¹⁰⁶ Ru	368 сут.	$2,2 \cdot 10^{-8}$	2,44
10	¹³¹ I	8 сут.	$1 \cdot 10^{-6}$	2,9
11	¹³⁴ Cs	2,3 года	$9,6 \cdot 10^{-9}$	8
12	¹³⁶ Cs	13,2 сут.	$6,1 \cdot 10^{-7}$	0,036
13	¹³⁷ Cs	30,2 лет	$7 \cdot 10^{-10}$	5,57
14	¹⁴⁰ Ba	13 сут.	$6,2 \cdot 10^{-7}$	5,18
15	¹⁴¹ Ce	32,5 сут.	$2,5 \cdot 10^{-7}$	4,58
16	¹⁴⁴ Ce	284 сут.	$2,8 \cdot 10^{-8}$	4,69
17	¹⁵¹ Sm	73 года	$3 \cdot 10^{-10}$	0,045

*¹⁴C образуется в результате облучения атмосферного азота тепловыми нейтронами.

Количество и активность образовавшихся после взрыва «Мальша» радионуклидов представлены в таблице 2. [7]

Таблица 2

Характеристика радионуклидов, образовавшихся после взрыва

№ п/п	Р/н	Количество образовавшихся ядер	Активность образовавшихся р/н, Бк	Активность в настоящее время, Бк
1	³ H	$2,62 \cdot 10^{20}$	$4,69 \cdot 10^{11}$	$7,6 \cdot 10^9$
2	¹⁴ C	$5,5 \cdot 10^{23}$	$1,6 \cdot 10^{12}$	$1,6 \cdot 10^{12}$
3	⁸⁹ Sr	$6,71 \cdot 10^{22}$	$1,1 \cdot 10^{16}$	0
4	⁹⁰ Sr	$9,17 \cdot 10^{22}$	$7,3 \cdot 10^{13}$	$1,1 \cdot 10^{13}$
5	⁹³ Zr	$1,65 \cdot 10^{23}$	$3,3 \cdot 10^9$	$3,3 \cdot 10^9$
6	⁹⁵ Zr	$1,49 \cdot 10^{23}$	$1,94 \cdot 10^{16}$	0
7	⁹⁵ Nb	$1,65 \cdot 10^{23}$	$3,6 \cdot 10^{16}$	0
8	¹⁰³ Ru	$1,36 \cdot 10^{23}$	$2,7 \cdot 10^{16}$	0
9	¹⁰⁶ Ru	$6,39 \cdot 10^{22}$	$1,4 \cdot 10^{15}$	0
10	¹³¹ I	$7,6 \cdot 10^{22}$	$7,6 \cdot 10^{16}$	0
11	¹³⁴ Cs	$1,83 \cdot 10^{23}$	$1,76 \cdot 10^{15}$	$4,4 \cdot 10^5$
12	¹³⁶ Cs	$9,43 \cdot 10^{20}$	$5,75 \cdot 10^{14}$	0
13	¹³⁷ Cs	$1,46 \cdot 10^{23}$	$1,02 \cdot 10^{14}$	$2 \cdot 10^{13}$
14	¹⁴⁰ Ba	$1,68 \cdot 10^{23}$	$1,04 \cdot 10^{17}$	0
15	¹⁴¹ Ce	$1,2 \cdot 10^{23}$	$3 \cdot 10^{16}$	0
16	¹⁴⁴ Ce	$1,23 \cdot 10^{23}$	$3,4 \cdot 10^{15}$	0
17	¹⁵¹ Sm	$1,18 \cdot 10^{22}$	$3,5 \cdot 10^{12}$	$1,75 \cdot 10^{12}$

С момента атомной бомбардировки Хиросимы прошло уже 73 года. Большинство образовавшихся в результате взрыва радионуклидов (с периодом полураспада до 1 года) уже распались.

Активность «доживших» до наших дней (долгоживущих) радионуклидов рассчитана по формуле:

$$A_i = A_i^{обп} \cdot e^{-\lambda_i t}, \quad (4)$$

где t – время, прошедшее с момента бомбардировки в секундах:

$$t = 73 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600 = 2\,302\,128\,000 \text{ с.}$$

Заключение. Таким образом, на момент взрыва суммарная активность образовавшихся радионуклидов составляла $3,1 \cdot 10^{17}$ Бк или $8,4 \cdot 10^6$ Ки.

Как показали испытания ядерных боеприпасов, проводимые после атомной бомбардировки Хиросимы, при воздушном взрыве только 50 % радионуклидов выпало в районе г. Хиросима. Часть радиоактивных веществ под действием ветров переместилась на большие расстояния, оставаясь при этом на той же широте.

Находясь в воздухе около 1 месяца часть радиоактивных веществ постепенно оседает на поверхность земли. [9] Значительная часть радионуклидов уходит в стратосферу на высоту 12-16 км, где происходит их глобальное рассеивание и в значительной степени распад.

Суммарная активность долгоживущих радионуклидов (^3H , ^{14}C , ^{90}Sr , ^{93}Zr , ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{151}Sm) в настоящее время составляет $3,4 \cdot 10^{13}$ Бк. К тому же в окружающей среде были рассеяны 63 кг неразделившегося высокообогащённого ^{235}U ($1,6 \cdot 10^{26}$ ядер активностью $5 \cdot 10^9$ Бк).

Долгоживущие радионуклиды со временем выпадают по всей поверхности Земли, включая мировой океан, а такие радионуклиды как ^3H , ^{14}C , ^{90}Sr , ^{131}I и ^{137}Cs попадают в пищевые цепи и оказываются в организме человека.

Список литературы:

1. Люди и атомы / У.Л. Лоуренс. Под ред. чл.-корр. АН СССР В.С. Емельянова. М.: Атомиздат, 1967.
2. Ярче тысячи Солнц / Р. Юнг. М., 1960.
3. Советская военная энциклопедия. М.: Воениздат, 1960.
4. Основы теории и методы расчёта ядерных энергетических реакторов. М.: Энергоатомиздат, 1989.
5. Ядерная энергетика, человек и окружающая среда / Н.С. Бабаев, В.Ф. Дёмин, Л.А. Ильин и др. Под ред. А.П. Александрова. 2-е Изд. М.: Энергоатомиздат, 1984.
6. Допустимые выбросы радиоактивных и вредных химических веществ в приземный слой атмосферы / Е.Н. Теверовский, Н.Е. Артёмова, А.А. Бондарев и др. 2-е Изд. Под ред. Е.Н. Теверского и И.А. Терновского. М.: Энергоатомиздат, 1980.
7. Справочник ядерно-физических и радиобиологических констант / П.А. Пономаренко, М.А. Фролова, Л.И. Лукина. Севастополь, 2012.
8. Справочник по ядерно-физическим константам для расчётов реакторов / И.В. Гордеев, Д.А. Кардашев, А.В. Малышев. Под ред. Лауреата Ленинской премии академика АН БССР А.К. Красина. М.: Атомиздат, 1960.
9. Справочник по радиационной безопасности / В.Ф. Козлов. 4-е Изд., переработанное и дополненное. М.: Энергоатомиздат, 1991.

RADIOECOLOGICAL ANALYSIS OF THE ATOMIC BOMBING OF HIROSHIMA

M.A. Frolova, P.A. Ponomarenko

Sevastopol State University, Sevastopol, 299053, Russia., e-mail: frolova-85@mail.ru

Abstract

The article is devoted to the analysis of radionuclide pollution of the environment after the atomic bombing of Hiroshima. The analysis is based on the power of the TNT equivalent of an explosion.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ В СТЕНКЕ ТРУБЧАТЫХ РЕАКТОРОВ

Н.З. Хабибова¹, С.С. Москвичев²

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева,
Москва, 125047, Россия,
e-mail: ¹adrianadeva@yandex.ru ; ²ssmoskv03@mail.ru;

Термодинамика необратимых процессов как самостоятельная область знаний стала развиваться сравнительно недавно. Существенным вкладом в ее научное обоснование и дальнейшее последовательное применение явилась феноменологическая теория и разработанный на ее основе метод диссипативных функций.

Особое место в этом учении занимают работы Гиббса, который создал основы термодинамического равновесия в неоднородных системах, что стимулировало изучение и количественное описание закономерностей переноса энергии и материи.

Между тем в изложении вопросов, касающихся практического применения термодинамических закономерностей и кинетических соотношений вблизи равновесия в курсах физической химии, технической термодинамики, теоретических основах энерго- и ресурсосбережения в химической технологии всё еще велик элемент описательности. Многие существенные достижения в разработке инженерных методов расчета остаются не обобщенными, а являются достижениями небольшого числа специалистов, работающих в этой области. Авторы статьи ставят целью обратить внимание на этот существующий пробел и дать пример систематического изложения метода расчета диссипации энергии на конкретном примере. При этом целесообразным является стремление сконцентрировать внимание на практических, инженерных сторонах проблемы. Общие вопросы теории, касающиеся термодинамических закономерностей и кинетических соотношений в процессах переноса энергии и вещества, предлагается рассматривать именно в том объеме, который необходим для обоснования излагаемых в статье расчетных методов.

Общей характеристикой протекания необратимых процессов в непрерывных системах является локальное производство энтропии J_S^V , значение которого связано с диссипативной функцией $\dot{\Psi}^V$ следующим соотношением (1):

$$\dot{\Psi}^V = T \cdot J_S^V, \quad (1)$$

где $\dot{\Psi}^V$ – диссипативная функция элементарного объема системы, Вт/м³;

T – абсолютная температура для неоднородной (гетерогенной) системы, К.

Дифференциальные уравнения баланса массы, энергии, энтропии и кинетические соотношения локальных скоростей процессов переноса тепла, компонента вещества и импульса вблизи равновесия, а также уравнения Гиббса позволяют получить аналитическое выражение для диссипативной функции в обобщенном виде (2):

$$\dot{\Psi}^V = \sum_{i=1}^n J_i \cdot X_i, \quad (2)$$

где J_i – локальная скорость процесса, X_i – движущая сила.

Из уравнения (2) следует, что диссипативная функция $\dot{\Psi}^V$ равна сумме произведений локальных скоростей процессов J_i на их собственные движущие силы X_i , представленные в форме, которая позволяет получить размерность диссипации (Вт/м³). В равновесной системе имеет место однородное распределение интенсивных параметров и, как следствие, отсутствие релаксационных процессов и тождественным этим процессам сил, удерживающих систему в состоянии равновесия, т. е. $J_i = 0$ и $X_i = 0$.

Обобщенно локальную скорость вблизи равновесия можно представить в виде линейного соотношения (3):

$$J_i = \sum_{k=1}^n L_{ik} \cdot X_k, \quad (3)$$

где J_i – локальная скорость i -го процесса, которая в общем случае зависит от всех движущих сил X_k ,

L_{ik} – феноменологические коэффициенты пропорциональности, которые могут быть функциями состояния объекта, но не зависят от движущих сил X_k .

Для несопряженных процессов скорость зависит только от собственной движущей силы X_i (4):

$$J_i = L_{ii} \cdot X_i, \quad (4)$$

где L_{ii} – феноменологические коэффициенты пропорциональности, которые связаны с коэффициентами теплопроводности λ , коэффициентом диффузии D_j j -го компонента, вязкостью среды μ , константами скорости прямой и обратной реакции \vec{k} и \bar{k} .

Расчетные соотношения для диссипативной функции в процессах переноса тепла, компонента вещества, импульса, химических превращений вблизи равновесия можно представить в виде следующего выражения (5):

$$\dot{\Psi}^V = \vec{q} \cdot \left(-\frac{\vec{\nabla}T}{T}\right) + \sum_{j=1}^m \vec{J}_j^{\text{дф}} \cdot (-\vec{\nabla}\mu)_{T,p} + \sum_{r=1}^f J_{jr}^V \cdot A_r + (-\sigma \cdot \vec{\nabla}) \cdot \vec{\vartheta} \quad (5)$$

Итак, движущей силой для теплообмена является $X = -\frac{\vec{\nabla}T}{T}$; для массообмена – $X_j = (-\vec{\nabla}\mu)_{T,p}$, где μ_j – химический потенциал j -го компонента системы; для химических превращений – $X_r = A_r$, где A_r – химическое сродство, характеризующее степень полноты химической реакции. В соответствии с уравнением (3) имеем (6):

$$A_r = -\sum_{k=1}^n \nu_{kr} \cdot \mu_k, \quad (6)$$

где ν_{kr} – стехиометрические коэффициенты вещества k в рассматриваемой реакции r , μ_k – химический потенциал всех компонентов.

Для процессов течения вязкой среды локальная диссипативная функция (функция Рэлея) равна произведению потока импульса σ_{ij} в плоскости профиля скорости движущейся среды на причину – деформацию скорости. С учетом тензорной природы импульса получим (7):

$$\dot{\Psi}^V = -(\sigma \cdot \vec{\nabla}) \cdot \vec{\vartheta} = \sum_{i=1}^{n=3} \sum_{j=1}^{m=3} \sigma_{ij} \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{\partial \vartheta_i}{\partial x_j} + \frac{\partial \vartheta_j}{\partial x_i} \right) \right], \quad (7)$$

где $X_{ij} = -\frac{1}{2} \left(\frac{\partial \vartheta_i}{\partial x_j} + \frac{\partial \vartheta_j}{\partial x_i} \right)$.

Значение диссипации $\dot{\Psi}$ для термодинамической системы в целом можно определить распределением локальной диссипативной функции $\dot{\Psi}^V$ по всему рассматриваемому объему V (8):

$$\dot{\Psi} = \int_0^V \dot{\Psi}^V dV = \int_0^V T \cdot J_S^V dV = \bar{T}_{\tau/d} \cdot \dot{in}S, \quad (8)$$

где $\bar{T}_{\tau/d}$ – средняя термодинамическая температура, К; $\dot{in}S$ – скорость приращения энтропии во всей рассматриваемой системе вследствие протекания внутренних необратимых процессов, Вт/К.

Для получения аналитического соотношения и определения численного значения диссипации используют два расчетных метода. Первый метод основан на интегрировании локальной диссипативной функции по всему объему рассматриваемой системы. Второй метод заключается в использовании интегральных балансовых уравнений массы, энергии, энтропии, эксергии для фиксированного контрольного объема неравновесной термодинамической системы. Преимущество первого метода заключается в его наглядности и возможности вскрыть внутреннюю логику вывода основных закономерностей процесса. Проанализируем этот подход на конкретном примере диссипации внутренней энергии в процессе теплопроводности: получить аналитическое и численное решение для величины локальной и интегральной диссипации энергии в стенке трубчатого реактора, если известно значение плотности

теплового потока на внешней поверхности трубы $q' = -60 \frac{\text{кВт}}{\text{м}^2}$, температура этой поверхности $T_{\text{ст}} = T_{\text{нар}} = 873 \text{ К}$, наружный $d_{\text{н}} = 0,1 \text{ м}$ и внутренний $d_{\text{вн}} = 0,08 \text{ м}$ диаметры, длина трубы $L = 40 \text{ м}$, значение теплопроводности стенки $\lambda = 23,8 \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$.

В технике задачи теплообмена при постоянной плотности теплового потока стенки встречаются во многих случаях: при электрообогреве, радиационном нагреве, нагреве в ядерных реакторах и в противоточных теплообменниках, когда массовые расходные теплоемкости (произведение массового расхода на теплоемкость) теплоносителей одинаковы. В нашей задаче имеет место еще одно граничное условие – постоянная температура внешней поверхности трубы по всей длине реактора. Такое граничное условие также часто встречается на практике, например в таких теплообменных аппаратах, как испарители, конденсаторы и во всех теплообменниках, когда массовая расходная теплоемкость одного теплоносителя значительно больше, чем у другого [1, с. 135].

Заметим, что приведенное в статье соотношения для диссипативной функции (2) представляет собой простейшую линейную комбинацию слагаемых каждого отдельного градиента (температуры, концентрации, скорости), хотя известно, что различные формы переноса энергии взаимосвязаны. В рассматриваемой задаче присутствует только градиент температуры, и, согласно закону Фурье, плотность теплового потока определяется по уравнению (9):

$$\vec{q} = -\lambda \cdot \vec{\nabla}T, \quad (9)$$

где градиент температуры в одномерной (радиальной) задаче определяется упрощенно, как:

$$\vec{\nabla}T = \vec{l}_r \cdot \frac{\partial T}{\partial r}$$

Изобразим распределение температуры по радиусу трубы для выбранных граничных условий (рис. 1).

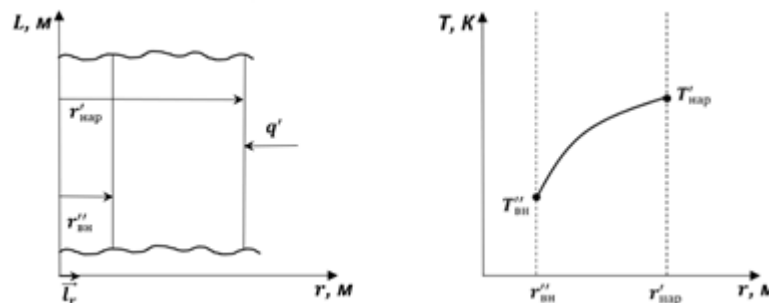


Рис. 1. Распределение температуры по радиусу трубы при условии постоянства $q', T'_{\text{нар}}$ и λ

Локальная диссипативная функция согласно уравнению (9) равна:

$$\dot{\psi}^V = \vec{q} \cdot \left(-\frac{\vec{\nabla}T}{T}\right) = \frac{\lambda}{T} (\vec{\nabla}T)^2 \geq 0 \quad (10)$$

Для одномерной задачи с граничным условием второго рода распределение температуры в цилиндрической трубе радиусов r имеет вид (11):

$$T(r) = T'_{\text{нар}} - \frac{q' \cdot r'_{\text{нар}}}{\lambda} \ln \frac{r}{r'_{\text{нар}}}, \quad (11)$$

где условие $q' = -\lambda \left(\frac{\partial T}{\partial r}\right)_{r=r'_{\text{нар}}} = \text{const}$, выполняется независимо от режима течения среды вдоль всей поверхности стенки длиной l .

Дифференцируя и решая уравнение (11) относительно $\frac{\partial T}{\partial r}$, получаем (12):

$$\frac{\partial T}{\partial r} = -\frac{q' \cdot r'_{\text{нар}}}{\lambda} \cdot \frac{1}{r} \quad (12)$$

Подставляя выражение $\frac{\partial T}{\partial r}$ в уравнение 10, получаем (13):

$$\dot{\psi}^V = \frac{\lambda}{T} \left[-\frac{q' \cdot r'_{нар}}{\lambda} \cdot \frac{1}{r} \right]^2 (\vec{l}_r)^2, \quad (13)$$

где квадрат единичного радиантного вектора равен 1 $(\vec{l}_r)^2 = 1$:

$$\dot{\psi}^V = \frac{\lambda}{T} \left[-\frac{q' \cdot r'_{нар}}{\lambda} \cdot \frac{1}{r} \right]^2 = \frac{[-q' \cdot r'_{нар}]^2}{T \cdot \lambda \cdot r^2}$$

Видим, что данное выражение для непосредственного определения численного значения локальной диссипативной функции на внешней и внутренней стенках трубы реактора очень удобно. Выполним эти расчеты:

$$\begin{aligned} r &= r'_{нар} = 0,05 \text{ м} & T &= T'_{нар} = 873 \text{ К} \\ \dot{\psi}^V &= \frac{[-q' \cdot r'_{нар}]^2}{T'_{нар} \cdot \lambda \cdot r'^2_{нар}} = \frac{(q')^2}{T'_{нар} \cdot \lambda} = \frac{(-60 \cdot 10^3)^2}{873 \cdot 23,8} = 173,27 \frac{\text{кВт}}{\text{м}^3} \\ r &= r''_{вн} = 0,04 \text{ м} & T &= T''_{вн} \\ T''_{вн} &= T'_{нар} - \frac{q' \cdot r'_{нар}}{\lambda} \ln \frac{r''_{вн}}{r'_{нар}} = 873 - \frac{-60 \cdot 10^3 \cdot 0,05}{23,8} \ln \frac{0,04}{0,05} = 844,88 \text{ К} \\ \dot{\psi}^V &= \frac{(q')^2}{T'_{нар} \cdot \lambda} \cdot \left(\frac{r'_{нар}}{r''_{вн}} \right)^2 = \frac{(-60 \cdot 10^3)^2}{844,88 \cdot 23,8} \cdot \left(\frac{0,05}{0,04} \right)^2 = 279,72 \frac{\text{кВт}}{\text{м}^3} \end{aligned}$$

Для определения интегрального значения диссипации в стенке трубы длиной $l = 1 \text{ м}$ при условии $T'_{нар} = 873 \text{ К}$, $q' = -60 \frac{\text{кВт}}{\text{м}^2}$ и $\lambda = 23,8 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ получаем:

$$\begin{aligned} \dot{\psi}_l &= \int_0^V \dot{\psi}^V dV = \int_{r'_{нар}}^{r''_{вн}} \frac{[-q' \cdot r'_{нар}]^2}{T \cdot \lambda \cdot r^2} 2\pi r \cdot l \cdot dr \\ \dot{\psi}_l &= \frac{[-q' \cdot r'_{нар}]^2}{\lambda} 2\pi l \int_{r'_{нар}}^{r''_{вн}} \frac{dr}{T \cdot r} \end{aligned}$$

Для определения интеграла $\int_{r'_{нар}}^{r''_{вн}} \frac{dr}{T \cdot r}$ необходимо сделать замену переменной из (12):

$$\frac{dr}{r} = -\frac{\lambda}{q' \cdot r'_{нар}} dT$$

Тогда:

$$\dot{\psi}_l = \frac{[-q' \cdot r'_{нар}]^2}{\lambda} 2\pi l \int_{T'_{нар}}^{T''_{вн}} \left(-\frac{\lambda}{T \cdot q' \cdot r'_{нар}} \right) dT$$

Диссипация на 1 метр трубы:

$$\begin{aligned} \dot{\psi}_l &= -q' 2\pi r'_{нар} l \cdot \ln \frac{T'_{нар}}{T''_{вн}} = -(-60 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 1 \cdot 0,05) \cdot \ln \frac{873}{844,88} = \\ &= 617,84 \frac{\text{Вт}}{\text{м}} \end{aligned}$$

По всей длине трубы реактора диссипация составляет величину:

$$\dot{\Psi} = L \cdot \dot{\psi}_l = 617,84 \cdot 40 = 24713,6 \text{ Вт} \approx 25 \text{ кВт}$$

Внутренние потери эксергии ${}_{in} \dot{D}_L$, обусловленные необратимостью теплообмена, могут быть определены из следующего соотношения (14):

$${}_{in} \dot{D}_L = \dot{\Psi} \frac{T_{0.с.}}{T_{\tau/д}}, \quad (14)$$

где $\bar{T}_{\tau/д} = \frac{T'_{см} - T''_{см}}{\ln \frac{T'_{см}}{T''_{см}}}$ – средняя термодинамическая температура процесса.

$$\bar{T}_{\tau/d} = \frac{873 - 844,88}{\ln \frac{873}{844,88}} = 858,86 \text{ K}$$

$${}_{in}\dot{D}_L = 25 \cdot \frac{298,15}{858,86} = 8,68 \text{ кВт}$$

Обе функциональные величины $\dot{\Psi}$ и ${}_{in}\dot{D}_L$ являются количественными характеристиками эффективности необратимого процесса и имеют одинаковую размерность. Однако, важное различие состоит в том, что именно эксергетические потери ${}_{in}\dot{D}_L$, обусловленные произведенной внутри процесса энтропией, являются окончательными и, таким образом, могут быть компенсированы только внешними энергозатратами.

В свою очередь, разность величин $\dot{\Psi}$ и ${}_{in}\dot{D}_L$ составляет ту часть энергии, которая еще может быть полезно использована в качестве вторичного (внутреннего) энергоресурса. При рекуперации теплоты, генерированной в стенке цилиндрического реактора, эффективность процесса теплопроводности возрастет. Значение этого внутреннего энергоресурса следующее:

$$\dot{\Psi} - {}_{in}\dot{D}_L = 25 - 8,68 = 16,32 \text{ кВт}$$

При квалифицированной энерготехнологической утилизации данного скрытого энергоресурса, генерированного в стенке реактора, потери эксергии будут минимальны. Окончательный выбор эксергетической оптимизации высокотемпературных процессов зависит от характеристик конкретного энергоносителя и технологических возможностей рекуперации тепла.

Список литературы:

1. Кэйс В.М. Конвективный тепло- и массообмен. – Москва: Энергия, 1972. – 448 с.
2. Биккин Х.М., Ляпилин И.И. Неравновесная термодинамика и физическая кинетика. – Екатеринбург: УрО РАН, 2009. – 500 с.
3. Пармон В.Н. Термодинамика неравновесных процессов для химиков. – Долгопрудный: ИД «Интеллект», 2015. – 474 с.
4. Хаазе Р. Термодинамика необратимых процессов. – М.: Мир. – 1967. – 544 с.
5. Habibova N.Z., Moskvichev S.S. Dissipative function in engineering calculations. Materials of the International Conference «Scientific research of the SCO countries: synergy and integration». Part 3 - Reports in English (February 11-12, 2019. Beijing, PRC).

EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF HEAT CONDUCTION IN THE WALL OF THE TUBULAR REACTORS

N.Z. Habibova¹, S.S. Moskvichev²

*D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, 125047, Russia,
e-mail: ¹adrianadeva@yandex.ru ; ²ssmoskv03@mail.ru;*

Abstract

The article discusses the method of calculating the dissipative function as a quantitative measure of the irreversibility of processes. The focus is on setting the tasks and outlining the methods for solving them, based on a theoretical model. A numerical example is given of the calculation of the local and integral dissipation of the process of thermal conductivity in the wall of a cylindrical reactor.

НОВЫЙ КОМПЛЕКСНЫЙ СПОСОБ ПЕРЕРАБОТКИ БЕДНЫХ ЖЕЛЕЗИСТЫХ ЛАТЕРИТНЫХ РУД ЮЖНОГО УРАЛА

**М.Ш. Хасанов, Г.Б. Садыхов, Ю.В. Заблоцкая, К.Г. Анисонян,
Т.В. Олюнина, В.Б. Смирнова**

*Институт Металлургии и Материаловедения им. А.А. Байкова РАН,
г. Москва, 119334, Российская Федерация, e-mail: mkhasanov@imet.ac.ru*

Никель является одним из ряда важнейших металлов в промышленности, применяемым при производстве нержавеющей стали, сплавов с особыми свойствами, гальванике, медицине и других отраслях. Одним из основных источников никельсодержащего сырья являются окисленные никелевые руды, запасы которых, в пересчете на никель, составляют 70% от общемировых [1]. Месторождения таких руд расположены в основном в тропическом и субтропическом поясах, в таких странах как Индонезия, Филиппины, Австралия, Бразилия и др. В России существует ряд месторождений ОНР на Южном Урале, запасы которых составляют почти 10% всего российского никеля. По содержанию основных компонентов и по минеральному составу ОНР условно делят на железистые латеритные (70% от числа ОНР) и силикатные сапролитовые руды (30%). Содержание никеля в рудах составляет 0,8-1,3% для бедных, железистых руд и 1,9-3,0% для богатых, силикатных [2]. На рис.1 изображен характер залегания ОНР по высоте пласта. Видно, что железистые руды (1) залегают у поверхности, а силикатные (2) находятся под ними на глубине 10-50 метров. Предприятиям выгодно перерабатывать более богатое сырье, поэтому верхний слой снимают и складировуют [3], что является не рациональным природопользованием.

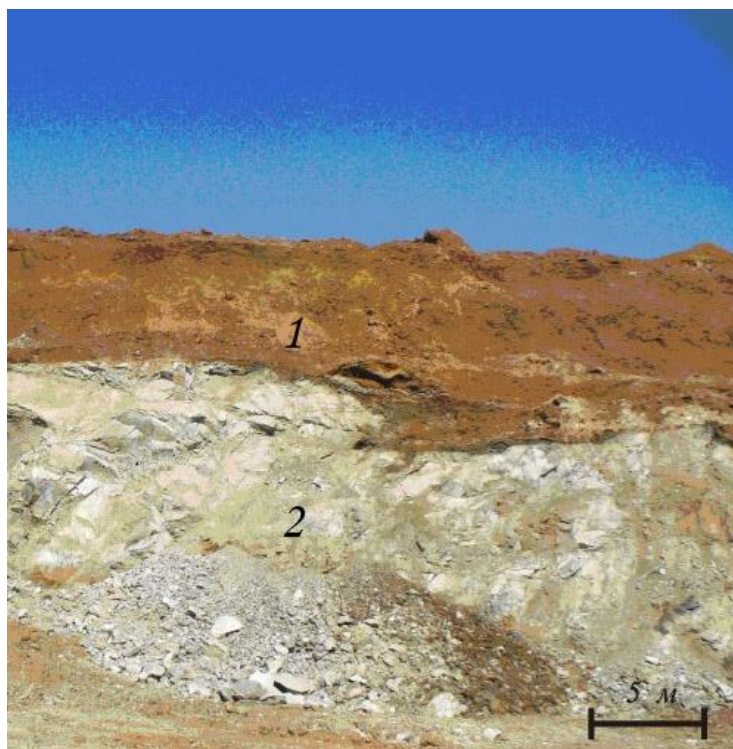


Рис. 1. Характер залегания окисленных никелевых руд по высоте пласта

При переработке силикатных руд преимущественно пользуются пирометаллургическим способом – плавкой на ферроникель. Из-за высокого

содержания железа в латеритных рудах, плавка на ферроникель не применима к данному сырью, т.к. в получаемый продукт перейдет слишком много железа. Поэтому в промышленности к железистым латеритным рудам применяют гидрометаллургические технологии, такие как автоклавное серноокислотное выщелачивание и аммиачно-карбонатное выщелачивание [4]. Однако, данные технологии являются малоэффективными и обладают рядом существенных недостатков. Метод автоклавного выщелачивания (HPAL) подразумевает использование дорогостоящих и сложных в устройстве автоклавов, работающих при высоком давлении (20-40 ат), что влечет за собой высокие капитальные и эксплуатационные затраты. Так же по данному способу отходы производства составляют 85-90% массы руды, что влечет за собой высокие затраты на их утилизацию [5]. В методе аммиачно-карбонатного выщелачивания (Caron) процесс проводят при больших материальных потоках, 6-6,5 тонн раствора на 1 тонну руды, из-за необходимости поддержания низких концентраций металла в растворе выщелачивания [6]. Наиболее эффективно данный метод показывает себя при переработке руд смежного состава, в которых содержится 1,5-2,0% никеля, однако для бедных латеритных руд такая технология является не рентабельной по причине снижения цен на никель в 1,6 раза за последние 5 лет с 20 до 12,8 тыс. USD/т [7]. Более половины себестоимости получаемого продукта заключается в энергозатратах на упаривание и утилизацию отработанного раствора. Разработав энергоэффективную технологию переработки железистых ОНР, возможно достичь себестоимости производства никеля 6 -7 тыс. USD/т, что позволит предприятиям обеспечивать потребности рынка цветных металлов даже при дальнейшем падении цен на никель.

В связи с этим, нами в ИМЕТ РАН ведутся исследования по разработке нового энергоэффективного гидрометаллургического процесса селективного извлечения никеля из железистых ОНР на примере руды Буруктальского месторождения. Способ заключается в комплексной переработке исходного сырья, основными стадиями которой являются обжиг в трубчатой печи в восстановительной атмосфере и дальнейшее гидрометаллургическое извлечение никеля из полученного огарка с помощью кислотного выщелачивания. В исходной руде железо и никель находятся в составе минералов гетит, маггемит, гиббсит в форме оксидов. При проведении восстановительного обжига происходит металлизация железа по цепочке фазовых превращений: гетит Fe_2O_3 – магнетит Fe_3O_4 – вюстит FeO – металлическое железо [8].

Никель, как и железо, переходит из оксидной формы в металлический вид, однако, из-за их различного сродства к кислороду, он восстанавливается легче. Так как температурный режим восстановления в значительной степени оказывает влияние на фазовый состав продуктов обжига [9], представляется возможным добиться образования фазы магнетита без образования дальнейших продуктов реакции, а также наиболее полно металлизировать никель. Особенность магнетита заключается в том, что он является исходным сырьем для черной металлургии и плохо растворим в серной кислоте, в отличие от вюстита, наличие которого на стадии выщелачивания существенно увеличит расход раствора [10]. На основании этих свойств в разрабатываемом методе применяется атмосферное выщелачивание слабым раствором серной кислоты для селективного извлечения никеля в раствор. Получаемый твердый остаток содержит в себе более 40% магнетита и представляет интерес для черной металлургии. Основная часть выщелачивающего раствора по данному способу возвращается в голову процесса и вновь насыщается, а нейтрализация отработанных серноокислых растворов известью позволит получать гипс в качестве строительного материала. Такая замкнутая технология позволит не только эффективно утилизировать вскрышные отвалы никелевых производств и

обеспечить новую тенденцию на рынке российского и мирового никеля, но и снизить экологическую нагрузку на окружающую среду в районе предприятий, т.к. является почти полностью безотходной.

Исследование проводилось с использованием латеритной руды Буруктальского месторождения, отобранной из разрабатываемого карьера (табл.1.)

Таблица 1

Химический состав исследуемой пробы железистой латеритной руды

В-во	Ni	Fe _{общ}	Co	SiO ₂	MgO	CaO	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	S	P	ппп
Масс%	1,06	46,79	0,03	9,45	0,78	0,63	9,44	3,29	0,033	0,023	9,33

На данный момент исследований в лабораторных условиях достигнута степень перехода никеля в раствор на уровне 85-88% с удельным расходом серной кислоты 150-170 л/т руды. Планируется провести серию уточняющих экспериментов, разработать принципиальную технологическую схему, после чего оформить заявку на изобретение и провести опытно-промышленные испытания на базе Буруктальского никелевого завода для внедрения энергоэффективной технологии извлечения никеля из ОНР.

Работа выполняется согласно государственному заданию №075-00746-19-00.

Список литературы:

1. Игревская Л.В. Тенденция развития никелевой промышленности. Мир и Россия: автореф. дисс. ... докт. гео-мин. наук: 25.00.11., 25.00.35 — М., 2009. 52 с.
2. Резник И.Д. Никель, Том 2. // И.Д. Резник, Г.П. Ермаков, Я.М. Шнеерсон. – М.: ООО «Наука и технологии», 2000. 467 с.
3. Гаврилов А.С., Халезов Б.Д., Ватолин Н.А., Зеленин Е.А., Реутов Д.С. Оптимальные параметры выщелачивания окисленных никелевых руд Серовского месторождения // Химико-металлургические процессы и материалы металлургических просизводств / ИМЕТ УрО РАН, 2012. С. 148-150
4. Аленичев В.М., Уманский А.Б., Ключников А.М. Гидрометаллургическая технология переработки окисленных никелевых руд Урала // Вестник Тюменского государственного университета. 2013. №5. С. 170-177
5. N. Chen, Z. Cao, H. Zhong, F. Fan A novel approach for recovery of nickel and iron from nickel laterite ore // Metall. Res. Technol №112. 2015. P. 306-318
6. Баженова О.В. Физико-химические основы и способ переработки отвалов аммиачно-карбонатного выщелачивания окисленных никелевых руд: дисс. ... канд. техн. Наук: 05.16.02. – М., 2013. 129 с.
7. London Metal Exchange - An НКЕХ Company: Non-ferrous metals [Электронный ресурс] URL: <https://www.lme.com/Metals/Non-ferrous/Nickel#tabIndex=2> (дата обращения: 25.03.19)
8. J. Li, X. Li, Q. Hu, Z. Wang Effect of pre-roasting on leaching laterite // Hydrometallurgy №99. 2009. P. 84-88
9. Хасанов М.Ш., Анисонян К.Г. Исследование процесса низкотемпературного восстановительного обжига железистой латеритной руды Буруктальского месторождения // XXII Международный научный симпозиум имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых «Проблемы геологии и освоения недр» (Томск, 2-7 апреля 2018 г) – Томск, Томский политехнический университет, 2018. – Т.2. - С. 483-484.
10. С.А. Pickles, J. Forster, R. Elliot Thermodynamic analysis of the carbothermic reduction roasting of a nickeliferous limonitic laterite ore // Minerals Engineering №65. 2014. P. 33-40

**NEW COMPLEX METHOD OF PROCESSING SOUTH URAL
LOW-GRADE FERROUS LATERITE ORE**

**M.Sh. Khasanov, G.B. Sadykhov, Yu.V. Zablotskaya, K.G. Anisonyan,
T.V. Olynina, V.B. Smirnova**

*A.A. Baikov Institute of Metallurgy and Materials Science, Russian Academy of Sciences,
Moscow, 119334, Russian Federation, e-mail: mkhasanov@imet.ac.ru*

Abstract

Need to obtain nickel from low-grade laterite ores is increase in recent times because of stock reduction and demand growth on nickel metal market. Using of similar low-grade ferrous laterites processing methods, such as HPAL and Caron-process, is force companies to work on the edge of profitability. In our research we developed new principle scheme of processing laterite ores by «reduction roasting – atmospheric leaching». In our laboratory we are reached 85-88% recovery ratio to solution and sulfur acid consumption 150-170 l/t ore.

УДК 621.310:677

АНАЛИЗ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Ф.А. Хошимов

ООО «Научно-технический центр» АО «Узбекэнерго»,
г. Ташкент, 100204, Узбекистан, e-mail: hashimov.fazil@yandex.ru

Анализ режимов электропотребления промышленных предприятий показывает, что рационализация расхода электроэнергии, наряду с оптимизацией работы электротехнических установок и технологических агрегатов, зависит также и от рационального использования в процессе производства как продуктов переработки, так и таких энергоносителей, как вода, кислород, сжатый воздух и др.

При существующей практике, кроме нормирования электроэнергии по производству в целом на готовую продукцию, предприятия разрабатывают соответствующие нормативы расхода энергии для внутризаводского контроля в основных производственных цехах, насосными, кислородными, компрессорными станциями и др. Однако, совершенно очевидно, что если рассматривать показатели расхода электроэнергии без взаимной увязки с показателями использования технологических компонентов, то не может быть получена объективная оценка фактического положения. Например, теряет всякий смысл экономия электроэнергии, израсходованной на насосной станции, если вода расходуется нерационально и бесконтрольно.

Для обеспечения взаимноувязанных решений предлагается следующая методика. Весь расход электроэнергии распределяется на блоки потребления. Эти блоки могут быть разделены на несколько типов (рис. 1).

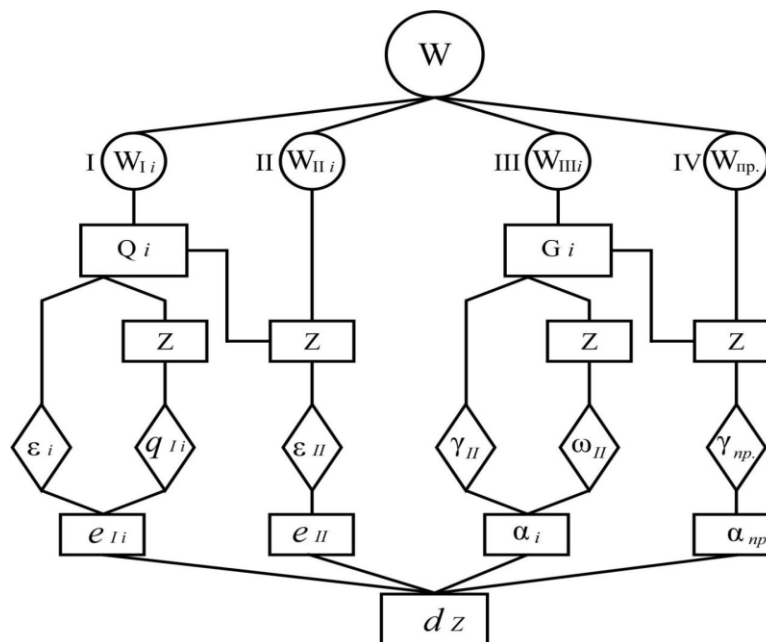


Рис.1. Распределение расхода электроэнергии по блокам

Первый блок электропотребления (W_I) производственного подразделения (цех, процесс) по выпуску промежуточного продукта (Q).

В блок включен удельный расход (ε_i) электроэнергии (W_I) на выпуск продукта (Q_i), а также удельный расход (q_i) продукта (Q_i) на единицу конечного продукта (Z).

Второй блок по выпуску конечной продукции (Z) – завершающий этап процесса производства.

Третий – электропотребления (W_3) производственных подразделений по выработке компонентов технологического процесса и вторичных энергоносителей (G_i).

Аналогично первому блоку в третий блок включены удельные расходы (γ_i) электроэнергии (W_{3i}) на продукт (G_i) и удельный расход (ω_i) (продукта (G_i)) на единицу конечного продукта (Z).

Четвертый – блок прочих расходов электроэнергии (W_{np}).

Таким образом, каждый из приведённых блоков включает, наряду с показателями расхода электроэнергии, также показатели расхода сырья, полуфабрикатов, технологических компонентов.

Доля участия каждого блока в общей величине удельного электропотребления предприятия определяется двумя показателями:

а) удельным расходом электроэнергии на производство продукции данного цеха или процесса:

- для блоков I и II типа

$$\varepsilon_1 = \frac{W_1}{Q} \text{ и } \varepsilon_2 = \frac{W_2}{Z} \quad (1)$$

- для блоков III и IV типа

$$\gamma_3 = \frac{W_3}{G} \text{ и } \gamma_4 = \frac{W_4}{Z} \quad (2)$$

б) удельным расходом промежуточных продуктов производства, компонентов технологии на единицу конечной продукции

- для блока I

$$q = \frac{Q}{Z} \quad (3)$$

- для блока III

$$\omega = \frac{G}{Z} \quad (4)$$

В целом участие каждого блока в общем удельном электропотреблении предприятия определяется аналогично выражениями:

$$e_1 = \varepsilon \cdot q \text{ и } e_2 = \varepsilon_2 \quad (5)$$

$$\alpha_3 = \gamma \cdot \omega \text{ и } \alpha_4 = \gamma_4 \quad (6)$$

Следовательно, суммарный показатель удельного электропотребления будет иметь вид:

$$d_z = \sum_1^n e_i + \sum_1^{n'} \alpha_i + \alpha_{np} \quad (7)$$

где n и n' - количество блоков, соответственно I, II, III и IV типов.

Анализ режимов электропотребления и расчёты энергетических показателей ведутся по каждому блоку отдельно, а затем по производству в целом.

Определяющим этапом является работа агрегатов, поэтому исследование всех режимов по блокам базируется на детальном исследовании режимов электропотребления основных технологических агрегатов.

Исследования начинаются с анализа электробаланса, выявления источников постоянных и нагрузочных потерь электроэнергии в элементах и узлах агрегата и далее разрабатываются энергетические характеристики потребляемой мощности, абсолютного и удельного расхода электроэнергии в зависимости от производительности.

Минимально возможная величина удельного электропотребления, в частности для агрегатов с прямолинейным изменением потребляемой мощности, может быть определена по формуле:

$$r = \frac{W_a - \sum a_i}{\Pi + \sum \epsilon_i}, \quad (8)$$

где W_a и Π - соответственно, расход электроэнергии и выпуск продукции за расчетный период;

Q_i и ϵ_i - соответственно, мероприятия по сокращению расхода электроэнергии и повышению производительности агрегата.

Весьма важным является оценка влияния аварийных простоев, неплановых остановок агрегатов и их пусковых режимов на энергетические показатели. Величина перерасхода электроэнергии, связанная с пусками агрегата составит:

$$\Delta W_{\text{пуск}} = [W_{\Pi} + (\frac{W'_{\Pi}}{\Pi_{\Pi}} - r')\Pi_{\Pi}]m, \quad (9)$$

где W_{Π} - расход электроэнергии за период от начала пуска (t_1) до начала выпуска продукции (t);

W'_{Π} и Π_{Π} соответственно, расход электроэнергии и выпуск продукции за отрезок времени пускового периода от до восстановления нормального режима производительности агрегата;

m - количество неплановых и аварийных остановок агрегата за расчетный период.

Формула (9) может быть использована также при решении задач регулирования графика электрических нагрузок предприятия, в частности, участия данного агрегата в максимуме энергосистемы.

Резервы сокращения расхода электроэнергии определяются по формуле:

$$\Delta W = (r' - r)\Pi - r \sum \epsilon_i - \Delta W_{\text{пуск}}, \quad (10)$$

где r' - удельное электропотребление действующего агрегата до осуществления мероприятий.

При нелинейной вогнутой характеристике потребляемой мощности экономическое значение удельного электропотребления может соответствовать пониженной производительности агрегата и, если в данном случае требуется работа с полной нагрузкой агрегата, оптимальным следует считать режим с повышенным удельным электропотреблением.

То же самое может иметь место и в случае, когда необходимое качество продукции обеспечивается при пониженной производительности агрегата.

Естественно, что большое разнообразие типов агрегатов по характеру использования энергоносителей (агрегаты с электроприводом, электротехнологией, одновременным использованием электрической и тепловой энергии и др.) требует самостоятельного решения по выбору критериев оптимизации и разработке наивыгоднейших режимов электропотребления.

Далее, на базе показателей основных агрегатов, по известным методам разрабатываются математические модели и соответствующие энергетические характеристики по каждому блоку $W = f(\Pi)$, $\epsilon = f(Q)$, $\alpha = f(G)$ и др., а также, соответствующие многофакторные модели.

Для облегчения расчетов по блокам I и III предлагается специальная номограмма, представленная на рис.2.

Производцией данного цеха является шлам (Q), который направляется в цех обжига для получения клинкера (Z).

В координатах Z и Q строим прямые a и b , соответствующие различным, имеющим место в эксплуатации, величинам удельного расхода шлама на тонну клинкера $q_1 = tg\beta_1 = 1,64$ и $q_2 = tg\beta_2 = 1,867$. Далее в квадранте II строим энергетическую характеристику $\epsilon = f(Q)$ и в квадранте III – зависимость $e = f(\epsilon)$ для случая q_1 и q_2 .

Подобные номограммы могут быть построены для каждого, блока.

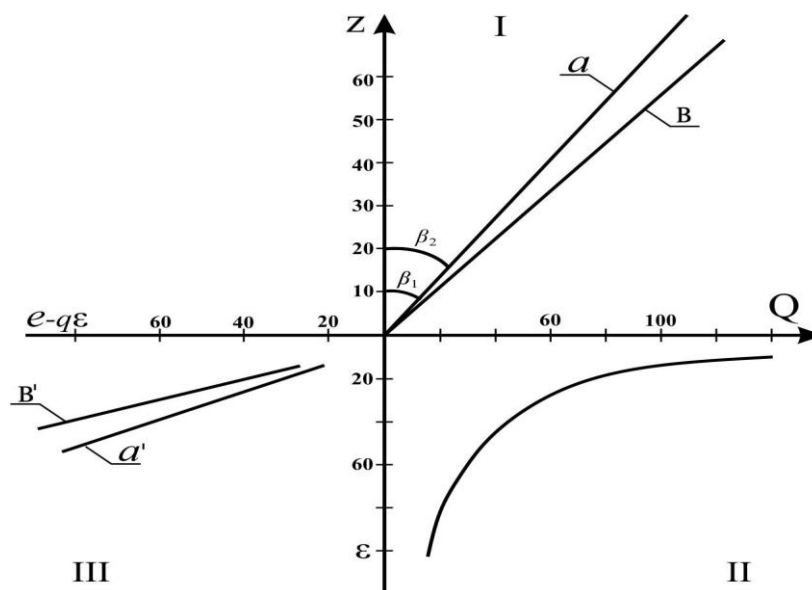


Рис.2. Номограмма расчета энергетических характеристик по блокам

Расход электроэнергии по предприятию в целом, в соответствии с формулой (7), определится из выражения:

$$W = \left(\sum_1^n e_i + \sum_1^{n'} \alpha_i + \alpha_{np} \right) Z, \quad (11)$$

Предлагаемый метод даёт возможность:

- исследовать и оптимизировать режимы электропотребления предприятий, нормировать и прогнозировать расход электроэнергии в увязке с показателями продуктов переработки и используемых компонентов технологического процесса;
- производить по каждому блоку расчёты и анализ отдельно, как для показателей электропотребления, так и для показателей расхода продуктов переработки в технологии, а также оптимизировать отдельно каждый показатель;
- выявить основные факторы, влияющие на показатели каждого блока (технологические, эксплуатационные, организационные);
- попользовать математические модели всего предприятия, включая модели каждого блока в системах АСУП.

Список литературы:

1. Аллаев К.Р., Хошимов Ф.А. Энергосбережение на промышленных предприятиях. - Ташкент: Изд-во «Фан». - 2011. - С. 209
2. Хошимов Ф.А. Оптимизация использования энергоресурсов в текстильной промышленности. - Ташкент: Изд-во «Фан», 2005. - С. 250

ANALYSIS OF ELECTRIC CONSUMPTION MODES OF INDUSTRIAL ENTERPRISES

F.A. Xoshimov

LLC "Scientific and Technical Center" JSC "Uzbekenergo".
Tashkent, 100204, Uzbekistan, e-mail: hashimov.fazil@yandex.ru

Abstract

The article discusses the issues of optimizing the operation of energy-consuming equipment in conjunction with the indicators of the use of technological components.

УДК 661.217

ПОЛУЧЕНИЕ СЕРЫ ИЗ СЕРОВОДОРОДА ПРИ РЕГЕНЕРАЦИИ СОРБЦИОННОГО МАТЕРИАЛА

А.Н. Хуснутдинов¹; Л.А. Николаева²

ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, 420066, Россия, e-mail: ¹khusnutdinov.an.kgeu@mail.ru, ²larisanik16@mail.ru

Одной из экологических проблем предприятий химической и нефтехимической промышленности является очистка газовых выбросов от сероводорода (H₂S). Он токсичен, входит в Перечень загрязняющих веществ, подлежащих государственному учету и нормированию (приказ Минприроды России от 31.12.2010 № 579). Для очистки газовых выбросов (ГВ) промышленных предприятий применяют различные методы: абсорбционные, адсорбционные, каталитические. Одним из эффективных способов очистки ГВ является их адсорбция на микропористых адсорбентах [1]. Такая технология обеспечивает содержание вредных веществ в уходящих газах на уровне нормативов удельных выбросов в атмосферу.

В качестве микропористого адсорбента применяется гранулированный сорбционный материал (ГРСМ) на основе карбонатного шлама осветлителей ТЭС. Определены его технические и физико-химические свойства: адсорбционная емкость по H₂S – 120 мг/г, суммарный объем пор – 0,450 см³/г, удельная поверхность – 46,2 м²/г, удельная поверхность – 720 м²/м³, прочность на истирание – 78%. [2,3]. Экспериментальным путем установлено, что при повышении температуры емкость ГРСМ по сероводороду уменьшается, что характерно для экзотермического процесса адсорбции и подтверждает физическую адсорбцию сероводорода на поверхности ГРСМ. Для физической адсорбции характерна обратимость (регенерация адсорбента), кроме того, процесс может протекать при нормальных температурах и осуществляться циклично, чередуя стадию поглощения и выделения извлекаемого компонента [4,5,6,7].

На основе проведенных исследований процесса адсорбции сероводорода из газовых выбросов материалом ГРСМ и расчета адсорбера периодического действия предложена модернизация существующей технологической схемы линии производства тиокола на ОАО «Казанский завод синтетического каучука» (КЗСК). Для восстановления сорбционных свойств ГРСМ предлагается схема его регенерации, включенная в общую технологическую схему производства тиокола КЗСК (рис. 1).

В модернизированной схеме производства тиокола газы стравливания, содержащие сероводород (газовые выбросы), из аппаратов процессов расщепления (5) и коагуляции (6) через каплеотбойник (10) поступают на нейтрализацию в адсорбер (12).

Адсорбер заполнен гранулированным сорбционным материалом, производство которого состоит из следующих операций:

- гранулирование. Смешение шлама с жидким натриевым стеклом и гранулирование происходит в грануляторе-смесителе Р - 020 (13). На выходе имеем гранулы размером 0,5- 2,5 мм;

- прокаливание. Полученные гранулы прокаливаются в муфельной печи Снол - 24/200 (14) при температуре 400 °С в течение 3 часов;

После сушки гранулы поступают в бункер охлаждения и хранения (15) и бункер подачи (16) готового сорбента.

Для регенерации гранулированного сорбционного материала от сероводорода используются оборудование и аппараты, имеющиеся на КЗСК. Непрерывность очистки обеспечивается двумя адсорберами, в одном из которых происходит адсорбционная очистка газов, в другом – последовательная регенерация ГРСМ. Стадия

регенерации начинается с подачи в адсорбер кислорода компрессором (11). На поверхности ГРСМ H_2S взаимодействует с O_2 , образуя серу. Выделившаяся сера растворяется сернистым аммонием с образованием многосернистого аммония.

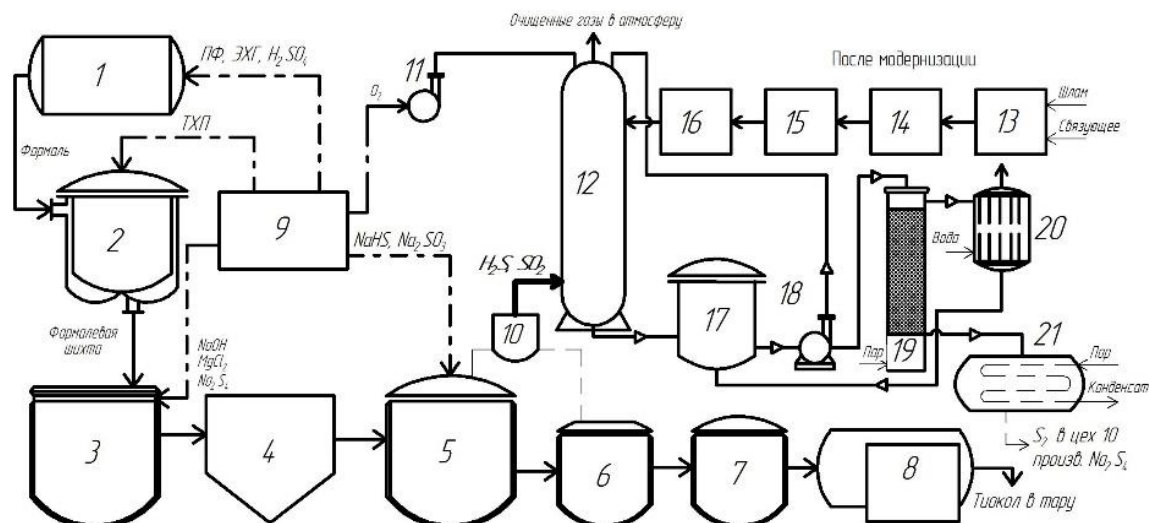


Рис. 1. Технологическая схема процесса производства тиокола с производством ГРСМ и регенерацией сорбционного материала: 1 – реактор синтеза формаль, 2 – реактор получения шихты, 3 – реактор получения дисперсии (поликонденсация и десульфирование), 4 – отстойник, 5 – реактор расщепления дисперсии, 6 – реактор коагуляции, 7 – центрифуга, 8 – аппарат конечной обработки продукта (центрифугирование, сушка, усреднение и фильтрация тиокола), 9 – склад реагентов, 10 – каплеотбойник, 11 – воздушный компрессор, 12 – скруббер (адсорбер), 13 – гранулятор-смеситель, 14 – муфельная печь, 15 – бункер охлаждения и хранения готового сорбента, 16 – бункер подачи сорбента, 17 – сборник приготовления сернистого аммония и приема сернистого аммония с холодильника, 18 – центробежный насос, 19 – отгонная колонна, 20 – холодильник, 21 – отстойник; ПФ – параформальдегид, ЭХГ – этиленхлоргидрин, ТХП – трихлорпропан.

Промывку адсорбера сернистым аммонием проводят при помощи центробежно-го насоса (18) из сборника (17). Раствор многосернистого аммония из сборника подают в верхнюю часть отгонной колонны (19), в которой происходит разложение раствора с выделением жидкой серы.

В колонне из раствора отгоняют аммиак, H_2S и водяной пар. В холодильнике (20) происходит конденсация этих веществ и вновь образуется раствор сернистого аммония, который направляется в сборник (17) для последующего использования при регенерации ГРСМ.

Жидкая сера вместе с конденсатом поступает из отгонной колонны в отстойник (21), снабженный змеевиком. Из отстойника сера возвращается обратно в процесс производства тиокола в отделение №10, в котором производят тетрасульфид натрия (Na_2S_4), используемый при поликонденсации формалевой шихты в реакторе (3).

В результате исследований, приведенных в [2,3] и в данной статье, предложения по модернизации блока очистки газовых выбросов от сероводорода линии производства тиокола КЗСК позволят исключить щелочные сточные воды, осуществить производство ГРСМ, получить элементарную серу, которая используется в изготовлении тетрасульфида натрия, а скруббер модернизировать в адсорбер.

Расчеты экономического эффекта и предотвращенного экологического ущерба модернизации технологической схемы производства тиокола на КЗСК показали следующие результаты: предотвращенный экологический ущерб составит 657,181 тыс. руб./год, годовой экономический эффект - 462,763 тыс. руб./год.

Список литературы:

1. А.М. Толмачев, М.И. Годовикова, Т.С. Егорова. О согласовании характеристик растворов, адсорбированных в микропорах активных углей, полученных в рам-

- ках модели Оно-Кондо-Арановича и модели НРТЛ //Журн. физич. химии. 2005. Т. 79. № 1.С. 1-6.
2. Nikolaeva L.A., Khusnutdinov A.N. Purification of gas emissions of chemical industry enterprises by carbonaceous cutting / Ecology & Industry of Russia. 2018, iss. 22 no. 8. pp.14-18. DOI: 10.18412/1816-0395-2018-8-14-18.
 3. Хуснутдинов А.Н. Ресурсосберегающая технология очистки промышленных газовых выбросов от сероводорода / Л.А. Николаева, А.Н. Хуснутдинов // сборник статей научно-практической конференции с международным участием «Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2018». 2018. С. 1239-1241.
 4. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. М.: ООТИД "Альянс", 2004. 753 с.
 5. Кельцев Н.В. Основы адсорбционной техники. М.: Химия, 1984. 592 с.
 6. Семакина О.К. Выбор способа гранулирования адсорбентов из отходов производства / О.К. Семакина, Ю.С. Якушева, А.А. Шевченко // Фундаментальные исследования. 2013. №8-3. С. 720-725.
 7. Терехова М.В., Русакова С.М. Исследование адсорбционных закономерностей анионов на поверхности красного шлама // Известия МГТУ «МАМИ». 2013. № 3, Т. 1. – С. 147-151.

**RECEIVING SULFUR FROM THE ADSORBED HYDROGEN SULPHIDE
AT REGENERATION OF SORPTION MATERIAL**

A.N. Khusnutdinov¹, L.A. Nikolaeva²

*Kazan State Power Engineering University, Kazan, 420066, Russia,
e-mail: ¹khusnutdinov.an.kgeu@mail.ru, ²larisa.nik16@mail.ru*

Abstract

The paper deals with the production of sulfur from adsorbed hydrogen sulfide from gas emissions from the chemical industry. As the basis of the sorption, material used production waste - sludge clarifiers TPP. A modified scheme for the production of a Thiokol of JSC Kazan Plant of Synthetic Rubber with schemes for the production of granulated sorption material and its regeneration is presented. The calculation of the economic and environmental effect of the use of granular sorption material as an adsorbent in the scheme of purification of gas emissions from hydrogen sulfide.

ПРИМЕНЕНИЕ ТРЕХЗАХОДНЫХ ШНЕКОВЫХ ВСТАВОК ПРИ ЛАМИНАРНОМ РЕЖИМЕ ТЕЧЕНИЯ ЖИДКОСТИ

Э.М. Хуснутдинова

*ФГБОУ ВО Казанский (Приволжский) федеральный университет,
Казань, РФ, e-mail: rr-088@mail.ru*

Геологические запасы тяжелых нефтей в Российской Федерации велики, и по различным оценкам могут достигать 75 млрд. тонн, но из-за высокой вязкости парафинистых нефтей процессы их добычи осложняются большим гидравлическим сопротивлением скважинных трубопроводов и высокими удельными энергозатратами, поэтому даже при больших запасах тяжелой нефти в месторождении отбирать большие дебиты бывает весьма затруднительно и не всегда экономически оправданно.

Процесс все большего вовлечения подобных месторождений в разработку сдерживается необходимостью поиска эффективных технологических решений, и снижения показателей удельных энергетических затрат на извлечение и транспортировку высоковязких нефтей потребителю. В первую очередь столь значительные энергозатраты связаны с необходимостью преодоления сил вязкого трения, с этой целью широко применяется терморазогрев нефтей, способствующий снижению их эффективной вязкости. В то же время высоковязкие парафинистые нефти характеризуются сложным реологическим поведением и зачастую проявляют свойства псевдопластичных жидкостей. Это открывает возможности за счет управления скоростью сдвига в потоке добиться снижения эффективной вязкости нефти и существенно снизить гидравлическое сопротивление транспортирующих трубопроводов [4].

В связи с ростом энергонапряженности устройств, повышением требований к возможным режимам регулирования систем достаточно актуально стоит вопрос изучения возможных процессов интенсификации теплообмена [3]. Уменьшение массогабаритных характеристик теплообменников за счет процессов интенсификации особенно имеет большое значение энергетике. Опыт создания и эксплуатации различных теплообменных аппаратов показал, что разработанные к настоящему времени методы интенсификации теплообмена обеспечивают снижение габаритов и металлоемкости (массы) устройств в 1,5...2,0 и более раза по сравнению с аналогичными серийно выпускаемыми устройствами при одинаковой тепловой мощности и мощности используемой на прокачку теплоносителей. Для организации сдвигового воздействия на обогреваемый поток хорошо зарекомендовали себя интенсификаторы в форме регулярных конфигурируемых дискретных шероховатостей трубопроводов или вставок различной формы [5].

Выбор наиболее эффективной конфигурации интенсификатора для конкретной технологической задачи требует проведения специальных исследований условий их применимости. Для процессов разогрева парафинистых нефтей данный выбор обуславливается влиянием реологических свойств рабочей среды. Как показывает практика промышленных технологий, использующих псевдопластичные высоковязкие жидкости в процессах нагрева, наиболее предпочтительными являются интенсификаторы, воздействующие на поток по всему поперечному сечению канала. Организация гидродинамически стабилизированного потока позволит гасить непроизводительные продольные вихревые возмущения и существенно снизить гидравлическое сопротивление рабочего канала. Данные обстоятельства позволяют заключить, что интенсификатор в форме шнековой вставки имеет преимущество для использования в процессах разогрева парафинистых нефтей перед вставками альтернативных форм.

Кроме того, существенную роль в подборе оптимальной формы интенсификатора винтовой формы может оказать многозаходность. В частности, в энергетике хорошо зарекомендовали себя интенсификаторы в виде винтовой накатки с тремя заходами, применяемые в теплообменном оборудовании для охлаждения технических масел, доказавшие свое преимущество по теплогидравлическим и технико-экономическим показателям по сравнению с простой однозаходной винтовой накаткой.

Подбор оптимальной формы многозаходной шнековой вставки для процессов нагрева парафинистых нефтей целесообразно осуществлять с привлечением аппарата математического моделирования [1]. Использование многовариантных численных расчетов позволит существенно расширить диапазон значений характерных параметров рабочих каналов, учесть особенности реологического поведения парафинистых нефтей, характерных для различных месторождений, и сократить долю сложных и затратных экспериментальных исследований при разработке технических решений. Особенностью математической модели является симметрия геометрической области изменения искомых переменных, системы уравнений и условий однозначности относительно винтовых преобразований, поэтому для записи математической модели предполагается использование специальных винтовых систем координат, которые позволяют существенно упростить получение искомых функций. Распределения гидродинамических и температурных полей будут получены с помощью метода конечных элементов.

Винтовая закрутка потока жидкости по всей длине канала является одним из методов интенсификации теплоотдачи при течении вязких жидкостей в каналах теплообменного оборудования. В случаях, когда не допускается сильное повышение гидравлического сопротивления канала для интенсификации теплообмена, используется метод разрушения пристенных слоев жидкости с помощью нанесения винтовой накатки или использование коротких закручивающих устройств. Однако, для высоковязких жидкостей для которых характерен ламинарный режим течения эффект от действия винтовой накатки или коротких закручивающих устройств невысок. В таких случаях, и когда допускается увеличение гидравлического сопротивления каналов используется закрутка всего потока жидкости [2]. В качестве устройств, обеспечивающих закрутку всего потока жидкости, а не только ее пристенных слоев наиболее часто используются винтовые ленточные и шнековые вставки. Исследованию применения ленточных вставок для интенсификации теплообмена посвящено большое количество работ. Однако, очевидно, что процессы переноса тепла в каналах с ленточными вставками менее эффективны, чем в каналах со шнековыми вставками. Площадь поверхности теплообмена, приходящаяся на единицу длины канала в первом случае меньше, чем во втором. Работ, посвященных процессам переноса тепла в каналах со шнековыми вставками значительно меньше, причем почти все они рассматривают однозаходные шнековые вставки. При этом очевидно, что влияние закручивания потока на процессы переноса тепла в каналах с однозаходной шнековой вставкой меньше, чем в каналах со вставками, имеющими два, три или большее количество заходов. Необходимость подбора оптимальной формы интенсификатора по количеству заходов обуславливается тем, что при большом количестве заходов процессы переноса тепла происходят интенсивнее, но, с другой стороны, при увеличении числа ходов возрастает и гидравлическое сопротивление каналов, и металлоемкость оборудования. Таким образом, в случаях, когда запасы мощности на прокачку жидкости достаточны для обеспечения повышенного гидравлического сопротивления канала целесообразным является использование трехзаходной шнековой вставки, что позволяет достичь большую эффективность по сравнению с однозаходной шнековой вставкой при прочих равных условиях. Этот факт диктует целесообраз-

ность исследования процессов переноса тепла в каналах с многозаходными шнековыми вставками.

Список литературы:

1. Вачагина Е. К., Кадыйров А. И., Конахина И. А., Хуснутдинова Э. М. Особенности гидродинамических полей в каналах с трехзаходной шнековой вставкой Известия РАН. Механика жидкости и газа, 2019, № 3, С. 28–37
2. Конахина И.А., Хуснутдинова Э.М., Кадыйров А.И., Вачагина Е.К. Теплообмен при ламинарных течениях вязкой жидкости в каналах с трехзаходными шнековыми вставками при больших числах Пекле. Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2018; 20(11-12): С. 161-169
3. Ибрагимов У. Х., Шамуратова С. М., Рахмонов Б. А. Интенсификация теплообмена в каналах // Молодой ученый. 2016. №8. С. 225-229.
4. E M Khusnutdinova, I A Konakhina, G R Khamidullina, Y K Vachagina Intensification of Oil and Oil Product Heaters by Means of Auger Inserts IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 412 (2018) 012048 doi:10.1088/1757-899X/412/1/012048
5. Кузма-Китча Ю. А. Методы интенсификации теплообмена. М.: Изд-во МЭИ, 2001, С. 112

APPLICATION-START SCREW INSERTS IN LAMINAR FLUID FLOW

E. M. Khusnutdinova

Kazan (Volga region) Federal University, Kazan, Russia, e-mail: rr-088@mail.ru

Abstract

A mathematical model of heat transfer and hydrodynamics of laminar flow of viscous Newtonian fluid in pipes with screw insert is developed. The method of numerical realization of the developed mathematical model is developed and research of processes of heat exchange and hydrodynamics at laminar flow of viscous Newtonian liquid in pipes with screw insert is carried out.

УДК 504.062

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА И РАЙОНИРОВАНИЕ ЧЕРНОМОРСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ТУАПСИНСКОГО РАЙОНА

М.П. Церенова

*Российский государственный гидрометеорологический университет,
филиал г. Туапсе, г. Туапсе, 352800, Россия, e-mail: cerenova_marina@mail.ru*

В результате интенсивного развития хозяйственной деятельности прибрежные территории России испытывают повышенную антропогенную нагрузку и как следствие, нарушение биологического и ландшафтного состояния. С целью детального анализа сложившейся ситуации и нахождения путей решения проблемы обеспечения приемлемого уровня экологической безопасности урбанизированной территории прибрежной зоны необходимо проводить комплексную геоэкологическую оценку (КГЭО). Для проведения объективной КГЭО требуется привлекать все имеющиеся данные, обеспечивающие необходимую полноту и достоверность описания объекта исследования и учитывать различные показатели, в том числе ландшафтные и климатические особенности исследуемой территории.

Одним из важнейших показателей КГЭО является качество атмосферного воздуха, загрязнение которого на сегодняшний день остается актуальным для многих городов России, особенно для городов Черноморского побережья Краснодарского края, объединяющими в себе рекреационную и промышленную составляющие.

Такой территории соответствует Туапсинский район, являющийся одним из перспективных в экономическом плане прибрежных районов Краснодарского края. Черноморское побережье района характеризуется разнообразным экологическим потенциалом ландшафтов, экономической важностью отраслей хозяйства и значительной плотностью населения.

Территория района очень разнообразна по своему геологическому строению: занимая юго-западный склон Главного Кавказского хребта, район имеет уникальный рельеф, благоприятный климат и богатую растительность. Все вышеперечисленные природные факторы, а также близость теплого незамерзающего Черного моря позволяют отнести Туапсинский район к зоне рекреации.

Туапсинский административный район расположен на юго-западе Краснодарского края, между курортами Геленджик и Большой Сочи. Протяженность Туапсинского района вдоль Черноморского побережья с севера на юг – 80 км, вглубь материка – 45 км. Административный центр Туапсинского района – г. Туапсе, расположенный в центре Черноморского побережья, в 180 км от г. Краснодара, между городами Сочи и Новороссийск, представляет собой крупный транспортный узел, имеющий жизненно-важное значение для России.

Проблема загрязнения атмосферного воздуха в Туапсинском районе более характерна для территории самого города, что обусловлено в первую очередь большой антропогенной нагрузкой на атмосферу, связанной с эксплуатацией автотранспортных средств, промышленных предприятий топливной, химической, нефтехимической промышленности, стройиндустрии, объектов электроэнергетики, деятельностью портов по перевалке различных грузов, в том числе нефти и нефтепродуктов. [1]

Порт Туапсе является единственным портом в России на Черном море, перегружающим на экспорт светлые нефтепродукты и единственным глубоководным незамерзающим портом, переваливающим на экспорт уголь. Через город проходит Северо-Кавказская железная дорога, обеспечивающая связь России с Черноморским побережьем и ближним зарубежьем Кавказа и федеральная трасса, связывающая крае-

вой центр, города края и город-курорт Сочи. В курортный сезон количество автотранспорта превышает 100 тыс. единиц за счет отдыхающих, прибывших на автомобилях, а интенсивность транспортного потока достигает 1400 машин/ч со средней скоростью 15 км/ч, что как следствие, приводит к километровым пробкам в городе.

Анализ современного состояния территории исследуемого региона показал, что загрязнение окружающей среды в пределах Туапсинского района носит фрагментарный характер. Ареалы его распространения приурочены к промышленно-коммунальным зонам, расположенным, главным образом, в границах города Туапсе, либо отдельным транспортным и коммунальным объектам (свалки и полигоны ТБО, карьеры, участки автомагистралей с интенсивным движением транспорта, нефте- и газопроводы, резервуарные парки, крупные котельные и пр.). Наибольшую площадь негативных воздействий имеют объекты г. Туапсе, образующие зону комплексного сверхнормативного загрязнения окружающей среды, охватывающую часть территории собственно города, порт и прилегающую морскую акваторию [2].

Основными промышленными предприятиями, оказывающими негативное воздействие на состояние атмосферного воздуха на территории Туапсинского района являются: ООО «РН-Туапсинский нефтеперерабатывающий завод», ОАО «Туапсинский морской торговый порт», ООО «РН-Морской Терминал», ООО «Нафта-Т», ОАО «Черномортранснефть», Локомотивного депо ОАО РЖД и ООО «Балкерный терминал».

Для оценки качества состояния атмосферного воздуха, выявления веществ, вносящих наибольший вклад в загрязненность атмосферы, в работе применен индекс загрязнения атмосферы (ИЗА), который является интегральным индикатором, на основании которого определена степень загрязнения воздуха, путем учета пяти измеряемых загрязняющих веществ с наибольшими превышениями ПДК_{СС} [3].

$$J_x = \sum_i^m \left(\frac{q_{ic}}{ПДК_{ic}} \right)^{c_i}, \quad (1)$$

где q_{ic} – средняя концентрация вещества i ;

$ПДК_{ic}$ – среднесуточная предельно допустимая концентрация вещества i ;

m – количество вредных веществ, учитываемых в индексе загрязнения атмосферы (обычно равно пяти);

c_i – безразмерная константа степени вредности вещества I , приведенная к классу его опасности;

В г. Туапсе экологический мониторинг атмосферного воздуха в постоянном режиме (на стационарных постах) не осуществляется, поэтому основным источником сведений о состоянии атмосферного воздуха являются маршрутные наблюдения. В данной работе мониторинговые работы по контролю состояния атмосферного воздуха в городе Туапсе проводились на 8 постах наблюдений, охватывающих территории, прилегающие к основным промышленным объектам, крупным транспортным развязкам, а также селитебные зоны и один пост в с. Агуй-Шапсуг Туапсинского района.

Ниже на рис. 1 представлена схема расположения постов наблюдения.

Точки отбора проб воздуха 1, 2, 3, 4 расположены вблизи промышленных предприятий и, следовательно, наибольшего загрязнения атмосферного воздуха. Точка 5 – характеризует центральную часть города, 6, 7 и 8 – расположены в спальных районах города, на значительном удалении от промышленных предприятий. Точка 9 расположена вдали от всех стационарных источников загрязнения, в зоне, которую можно отнести к зоне рекреации. Удаленность от города Туапсе составляет 9 км.

Основной задачей при исследовании загрязнения атмосферного воздуха в г. Туапсе являлось определение состава загрязнителей с концентрацией близкой к ПДК, или превышающей ее.



Рис.1. Схема расположения постов наблюдений

Проведенный мониторинг загрязнения атмосферного воздуха выявил в ряде случаев высокий уровень концентрации примесей. Превышение среднесуточных значений ПДК (ПДК_{СС}) были отмечены по следующим веществам: пыль (взвешенные вещества), предельные углеводороды по метану С₁–С₅, сероводород, сажа, углерода диоксид. Следовательно, в исследуемый период ИЗА₅ г. Туапсе складывается из примесей, вносящих наибольший вклад в загрязнение атмосферы воздуха: сероводород, пыль (взвешенные вещества), сажа (углерод), диоксид углерода, углеводороды по метану С₁–С₅.

За весь исследуемый период наблюдений с 2012г., наблюдается превышение допустимых значений ПДК_{СС}.

В соответствии с примененным в работе методом оценки состояния атмосферного воздуха (ИЗА) загрязнение атмосферы считается: низкое, при ИЗА ниже 5; повышенное, при ИЗА от 5 до 6; высокое, при ИЗА от 7 до 13; очень высокое, при ИЗА, равном или больше 14. В 2012 - 2013 гг. уровень загрязнения атмосферного воздуха ИЗА₅ в среднем для города составляет 5 и оценивается как «повышенный». В 2014 - 2016 гг. ИЗА₅ равен 8. С 2017г. по настоящий момент времени прослеживается тенденция к снижению уровня загрязнения воздуха и стабилизации ситуации. В среднем, за весь период исследований загрязнение воздуха в г. Туапсе характеризуется как «высокое», т.к. средний индекс загрязнения атмосферы пятью приоритетными веществами (ИЗА₅) составляет 6,4.

В результате мониторинга атмосферного воздуха превышение гигиенических нормативов (ПДК) на протяжении всего периода наблюдений отмечалось на 4-х маршрутных постах: Грознефть, Сортировочная, Морской порт, Балкерный терминал, т. е. в районах, расположенных вблизи промышленных предприятий

В зависимости от района, показатель ИЗА₅ изменяется от «очень высокого» (в районе федеральной трассы и нефтеперерабатывающего комплекса) до «умеренного» (Центр города) и даже «низкого» (в районах селитебной зоны). Районы наблюдения, находящиеся в удаленности от стационарных источников загрязнения, имеют степень загрязнения по ИЗА₅ ниже «5» и загрязнение атмосферного воздуха оценивается как «низкое» (рис.2).

По результатам проведенных лабораторных исследований атмосферного воздуха в г. Туапсе и Туапсинском районе за 2012–2018 гг. можно сказать о тенденции к улучшению качества атмосферного воздуха с 2017 г. и относительной стабилизации ситуации. В качестве примера в статье представлена картограмма загрязнения за 2018г.

На основании полученных результатов исследования в работе построены картограммы состояния атмосферного воздуха по годам наблюдений за весь период ис-

следования для г. Туапсе и Туапсинского района. По результатам работы можно сделать вывод о высоком уровне загрязнения атмосферного воздуха в г. Туапсе.

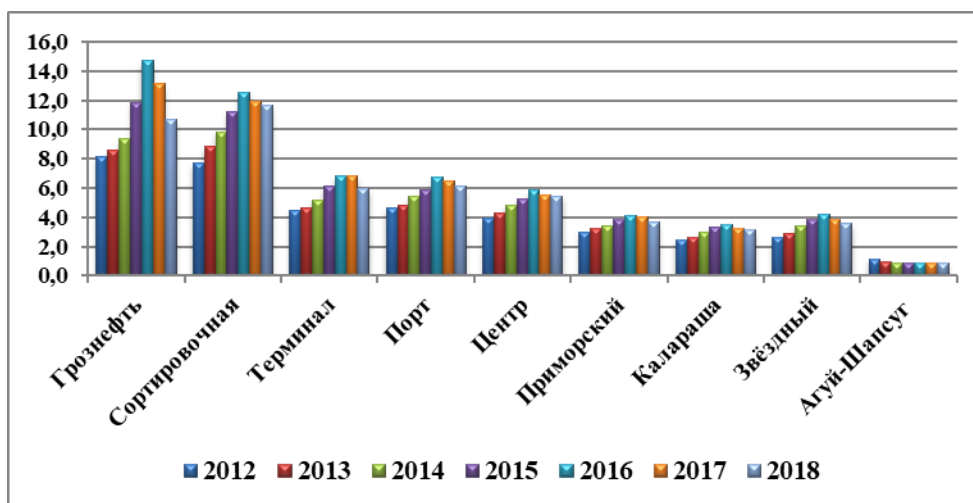


Рис. 2. Динамика ИЗА5 по пунктам наблюдений

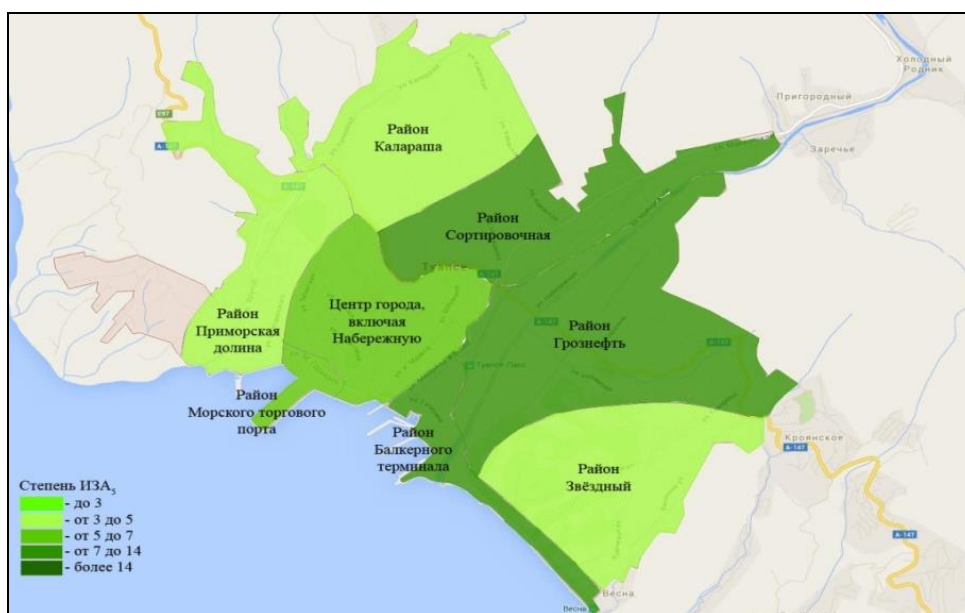


Рис. 3. Картограмма загрязнения атмосферного воздуха в г. Туапсе в 2018 г

Список литературы:

1. Аракелов, М. С. Управление развитием и геоэкологическое районирование территориальных рекреационных систем в прибрежных зонах: монография [Текст] / М. С. Аракелов, Г. Г. Гогоберидзе, В. А. Жамойда, Д. В. Рябчук, Д. С. Темиров и др. – СПб.: РГГМУ, 2011. – 221 с.
2. Яйли, Е.А. Климатологические аспекты хозяйственной деятельности в Краснодарском Причерноморье [Текст] / Е. А. Яйли, С. Я. Сергин, С. Н. Цай, И. А. Потехина // Рыночная экономика и образование. Библиотека журнала «Наука Кубани». – Краснодар. – 2000. – Вып. 1.3. – С. 126–127.
3. Церенова, М.П. К вопросу комплексной геоэкологической оценки урбанизированной территории в прибрежной зоне. Экологический и экономический аспекты [Текст] / М. П. Церенова, А. А. Музалевский // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. Научно-теоретический журнал. – СПб.: РГГМУ, 2015. – № 38. – С. 189–201.

**CONDITION OF SOIL COVER OF URBANIZED TERRITORIES
OF TUAPSE AND TUAPSIN DISTRICT**

M. Tserenova

*FGBOU VO "Russian State Hydrometeorological University" to the branch in Tuapse,
Krasnodar Territory, g. Tuapse, 352800, Russia, e-mail: cerenova_marina@mail.ru*

Abstract

As a result of the intensive development of economic activity, the coastal areas of Russia experience an increased anthropogenic load and, as a result, a violation of the biological and landscape state. For the purpose of a detailed analysis of the current situation and finding ways to solve the problem of ensuring an acceptable level of environmental safety of an urbanized coastal area, it is necessary to conduct a comprehensive geo-environmental assessment (CGEO).

One of the most important indicators of the CGEO is the quality of atmospheric air, the pollution of which today remains relevant for many cities of Russia, especially for the cities of the Black Sea coast of the Krasnodar Territory, combining recreational and industrial components.

ОЧИСТКА ЛИВНЕВЫХ СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИЙ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

А.А. Цыба¹; Ю.Л. Сколубович²; Е.Л. Войтов³

*Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет
(Сибстрин), 630008, Россия,*

e-mail: ¹anyuta.tsyba@yandex.ru, ²reactor@sibstrin.ru, ³viv@sibstrin.ru

Одной из главных экологических проблем является проблема сбора и очистки ливневых вод, характеризующихся неравномерностью формирования и непредсказуемостью качественного и количественного состава загрязняющих веществ. Ливневые воды с территорий предприятий угольной промышленности значительно ухудшают санитарное состояние водоемов, способствуя их заиливанию, снижению прозрачности воды, ухудшению химического состава и увеличению бактериальной загрязненности. Это связано с тем, что ливневые сточные воды содержат большое количество загрязняющих веществ, начиная с тех, которые осаждаются из воздуха, и заканчивая загрязнениями, смываемыми с поверхности водосбора: осевшая пыль, масло, нефтепродукты, мусор, промышленные отходы и продукты разрушения поверхностных покровов [1].

Состав и концентрация примесей в ливневом стоке с территорий промышленных площадок предприятий угольной промышленности зависят от степени благоустройства территорий, рода поверхностей участка водосборной площади, технического состояния искусственных покрытий, режима уборки территорий, эффективности работы газо- и пылеулавливания, организации складирования и транспортирования сыпучих и жидких материалов. Объектами, загрязняющими ливневой сток на территории промплощадок угольной промышленности являются: открытые склады углей, породные отвалы, шлама и хвостохранилища, дробильные отделения, склады горюче-смазочных материалов и фотореагентов, пункты погрузки и разгрузки железнодорожных вагонов, канатные дороги, котельные установки и их золоотвалы, механические мастерские и автогаражи [2].

Ливневой сток с территорий угольных площадок, характеризуется значительным содержанием взвешенных веществ (глина, песок, остатки угля и другие примеси), нефтепродуктов, минеральных солей и составляющих их ионов (сульфаты, хлориды, гидрокарбонаты, медь, свинец, алюминий, железо и др.), бактериологических загрязнений. При попадании их в водоем мутность воды, иногда она приобретает неприятные привкусы (угольный и др.) и темную окраску. Мутность, так же может возрасти за счёт продуктов окисления и гидролиза солей железа, марганца, алюминия. Вследствие окислительных процессов снижается содержание в воде кислорода, увеличивается концентрация ионов, в основном сульфатных, возрастает минерализация, изменяется реакция среды. Металлы (железо, алюминий, свинец и др.), поступающие в водоем с ливневыми стоками, оказывают прямое токсическое действие, на рыб и другие водные организмы. Металлы, накапливаемые в грунтах, являются источником вторичного загрязнения водоёмов и может оказать отрицательное влияние на ход биохимических процессов.

Приоритетными загрязнениями ливневых сточных вод с территорий угольной предприятий являются взвешенные угольно-породные, глинистые и пылевидные частицы. Чьи свойства и седиментационная устойчивость реальных дисперсных систем сточных вод вызывает серьезные затруднения при их осветлении, особенно при безреагентном отстаивании [3]. Поступая в водоемы, они увеличивают количество взвешенных веществ, в результате, вода мутнеет. Скопление угольных частиц на дне

водоема на расстоянии 10-15 км от места выпуска приводит к изоляции дна от воды и гибели донных организмов, являющихся кормовыми ресурсами рыбы [4].

Нефтепродукты, попадают в ливневой сток с территорий складов горюче-смазочных материалов, механической мастерской, с площадки для механизмов и др. Попадая в водоем, они способствуют образованию на поверхности воды нефтяной пленки и снижению количества растворенного кислорода, что губительно сказывается на жизнедеятельности водных организмов. Оседающие в водоемах тяжелые остатки нефтепродуктов, разлагаясь, загрязняют воду продуктами распада, часть из них выносятся на поверхность в виде пузырьков газа, образуя нефтяное пятно [5,6].

В результате попадания неочищенных ливневых сточных вод в водоемы происходит снижение их продуктивности как среды обитания, делая невозможным ее использования для бытовых, сельскохозяйственных и промышленных нужд. Вследствие этого, можно сделать вывод, что снижение уровня техногенного воздействия на водные объекты является одной из актуальных задач обеспечения экологической безопасности.

В зависимости от предъявляемых требований, используют различные методы очистки ливневых сточных вод, которые основываются на физических, химических и физико-химических процессах, протекающие в очистных сооружениях, или естественных биологических процессах самоочищения, протекающих в почве или водоемах.

С целью повышения эффективности работы и усовершенствования сооружений для очистки ливневых сточных вод в Новосибирском государственном архитектурно-строительном университете (Сибстрин) была разработана технология очистки сточных вод с использованием нового фильтровального сооружения - реактора-осветлителя [7].

Для подтверждения эффективности работы технологической схемы очистки, была проведена серия экспериментов на экспериментальной установке НГАСУ (Сибстрин) на примере ливневых вод обогатительной фабрики п. Линево, Новосибирской области. В ходе работы решались следующие задачи:

1. Определение качественного состава ливневых сточных вод;
2. Подтверждение эффективности работы установки для очистки ливневых вод.

Для определения качественного состава ливневых сточных вод предприятия были отобраны пробы из колодца существующей сети ливневой канализации. Средние значения показателей представлены в табл.1.

Таблица 1

Анализ поверхностных сточных вод

№п/п	Показатели	Единицы измерения	Результат	ПДК
1	Нефтепродукты	мг/дм ³	0,382	0,05
2	Взвешенные вещества	мг/дм ³	110,67	10
3	Водородный показатель	pH	7,5-8,0	6,0-9,0
4	Фенол	мг/дм ³	0,006	0,001
5	Железо	мг/дм ³	0,51	0,1
6	Алюминий	мг/дм ³	0,89	0,04
7	Медь	мг/дм ³	0,002	0,001
8	Цинк	мг/дм ³	0,014	0,01
9	Никель	мг/дм ³	<0,001	0,01

Для выполнения исследований на территории промышленного предприятия была смонтирована установка, включающая модели отстойника ливневой воды. Где происходило отстаивание в течении 40-60 минут с предварительным введением 0,1%

раствора оксихлорида алюминия дозой 10 мг/л. Затем вода подавалась на модель реактора-осветлителя, принцип работы которой основан на восходящем фильтровании воды при повышенных скоростях, в результате образуется псевдожиженный (взвешенный) контактной загрузки, обладающий повышенной грязеемкостью. Рабочие скорости фильтрования на реакторе-осветлителе превышают рекомендуемые СНИП [8] скорости фильтрования воды на скорых фильтрах до 1,5 раза.

Далее осветленная вода, самотеком, поступала в модель скорого фильтра, а затем на угольный фильтр. Очищенная вода сбрасывалась в канализацию. По истечении времени защитного действия взвешенной контактной загрузки и ухудшении качества осветляемой воды ниже установленного санитарного предела производилась эжекторная промывка загрузки реактора-осветлителя и обычная водяная промывка угольного фильтра.

Во время проведения испытаний осуществлялись отборы проб в следующих точках: колодец ливневой сети, после отстойника, после реактора-осветлителя, после скорого фильтра, после фильтра, загруженного активным углем. Анализ эффективности работы технологической схемы оценивался по содержанию в воде нефтепродуктов, взвешенных веществ, железа и фенолов. Результаты экспериментальных исследований, сведены в табл. 2.

Таблица 2

Анализ поверхностных сточных вод

Показатели	Исход. вода	После отст.	После реактора-осветлителя	После скорого фильтра	После угольного фильтра
Нефтепродукты, мг/дм ³	0,382	0,362	0,137	0,062	0,01
Взвешенные вещества, мг/дм ³	110,67	45,75	2,9	2,5	1,5
Железо, мг/дм ³	0,51	0,098	0,05	0,05	0,05
Фенол, мг/дм ³	0,006	0,0126	0,0123	0,0123	0,001

Как показали исследования, реактор-осветлитель позволяет эффективно удалить взвешенные вещества, однако для более высокой степени очистки и удаления органических примесей необходимо дополнительно использовать скорые и угольные фильтры.

По результат исследований, можно сделать следующие выводы:

1. Поверхностные сточные воды, в частности поверхностные стоки с территорий предприятий угольной промышленности, наносят существенный вред водоемам, загрязняя их взвешенными веществами, нефтепродуктами, тяжелыми металлами и требуют очистки;

2. Предварительные исследования показали необходимость осуществления очистки поверхностных сточных вод и усовершенствования технологических схем за счет повышения эффективности реагентной обработки, и применения конструктивно новых эффективных сооружений.

Список литературы:

1. Молоков М.В. Дождевая канализация площадок промышленных предприятий: производственно-практическое издание. М.; Л.: Стройиздат, 1964. 184с.
2. Долина Л.Ф. Сточные воды предприятий горной промышленности и методы их очистки. Справочное пособие. Днепропетровск, 2000. 33с.
3. Балтакова О. Р. Интенсификация процессов осветления карьерных сточных вод угольного разреза: Дис. ... канд. техн. наук. - Иркутск, 2005.- 154 с.

4. Методические указания по санитарной охране водоемов от загрязнения сточными водами предприятий угольной промышленности. 30 июня 1976г. №1435-76с.
5. Fleck A.M., Lacki M.J., Sutherland J. Response by white birch (*Betula papyrifera*) to road salt applications at Cascade Lakes, New York // *Journal of Environmental Management*, 1988.
6. Hofstra G., Smith D.W. The effects of road de-icing salt on the levels of ions in roadside soils in southern Ontario // *Journal of Environmental Management*, 1984.
7. Патент 2183590, РФ, кл. C02F 1/52//C02 F 103: Устройство для очистки воды/ Е.Л. Войтов, Ю.Л. Сколубович. - Оpubл. 20.06.2002, Бюл. №17.
8. СНиП 2.04.02-84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения / Госстрой СССР. М.: Стройиздат. 1986. 136с.

TREATMENT OF STORM SEWAGE OF THE ENTERPRISES OF COAL INDUSTRIES

A.A. Tsyba¹; Yu.L. Skolubovich ²; E.L. Voitov ³

*Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering
(Sibstrin), 630008, Russian Federation,*

e-mail: ¹anyuta.tsyba@yandex.ru, ²reactor@sibstrin.ru, ³viv@sibstrin.ru

Abstract

One of the main environmental problems is the problem of collecting and treatment of storm sewage, to unevenness of formation and unpredictability of qualitative and quantitative composition of pollutants. Storm sewage from territories of the enterprises of the coal industry considerably worsen a sanitary condition of reservoirs, promoting their silting, decrease in transparency of water, deterioration in the chemical composition and increase in bacterial impurity. It is connected with the fact that a large amount of pollutants contains storm sewage. Since those which are besieged from air, and finishing with pollution from a reservoir surface: the accumulated dust, oil, oil products, garbage, industrial wastes and products of destruction of superficial covers.

The main sources of pollution of surface sewage are open coal warehouses, rock dumps, crushing departments, warehouses of fuels and lubricants and photo reagents, points of loading and unloading of railway cars, boiler plants and their ash dumps, mechanical workshops. Getting into the water bodies without any treatment, the surface of the waste water pollute their suspended solids, oil products, organic substances, ions of heavy metals and other compounds, causing pollution and siltation of water the amount. The main pollution of storm water from the territories of coal enterprises are suspended coal-rock, clay and dust particles. Whose properties cause are serious difficulties in their lighting, especially when nonchemical water treatment. Entering the water bodies, they increase the amount of suspended solids, as a result, the water becomes cloudy, becomes black. The congestion of coal particles at the bottom of a reservoir leads to isolation of a bottom from water. This leads to the of organisms' life disruption, microorganisms, adversely affect the biogenesis and self-cleaning ability of water bodies.

In order to determine the negative impact of surface sewage, we solved the following tasks: analysis of surface sewage composition, analysis of existing technologies for storm sewage treatment, experimental studies and development of effective treatment technology.

**КОМПЛЕКСНЫЙ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ
МОНИТОРИНГ АКВАТОРИЙ ПОРТОВ И БУХТ В УСЛОВИЯХ
СТРЕССОВОЙ ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКИ: ИНФОРМАТИВНЫЕ
ПАРАМЕТРЫ, МОНИТОРИНГ И СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ**

А.И. Чепыженко^{1,2}, А.А. Чепыженко¹

¹ФГБУН ФИЦ МГИ РАН, г. Севастополь, 299011, e-mail: *annachep87@yandex.ru*

²НПП Аквастандарт, г. Севастополь, 299011, e-mail: *ecodevice@yandex.ru*

Предложены информативные параметры среды, инструментальный мониторинг которых на основе мультипараметрического информативного подхода в акватории исследуемых территорий обеспечивает оперативный и объективный контроль качества водной среды и локализацию наиболее техногенно-опасных источников. Представлен мультипараметрический биофизический комплекс «Кондор» и результаты мониторинга в техногенных акваториях Крыма.

Экологический мониторинг водной среды акваторий прибрежной зоны, проливов, портов и бухт, уровень загрязнения которых обусловлен степенью их вовлеченностью в хозяйственную деятельность представляет критически важную экологическую проблему Крыма. Степень загрязнения водной среды определяется источниками находящимися непосредственно в исследуемых акваториях, и привнесением pollutants от внешних источников, расположенных за границами исследуемой акватории, существующей системой течения.

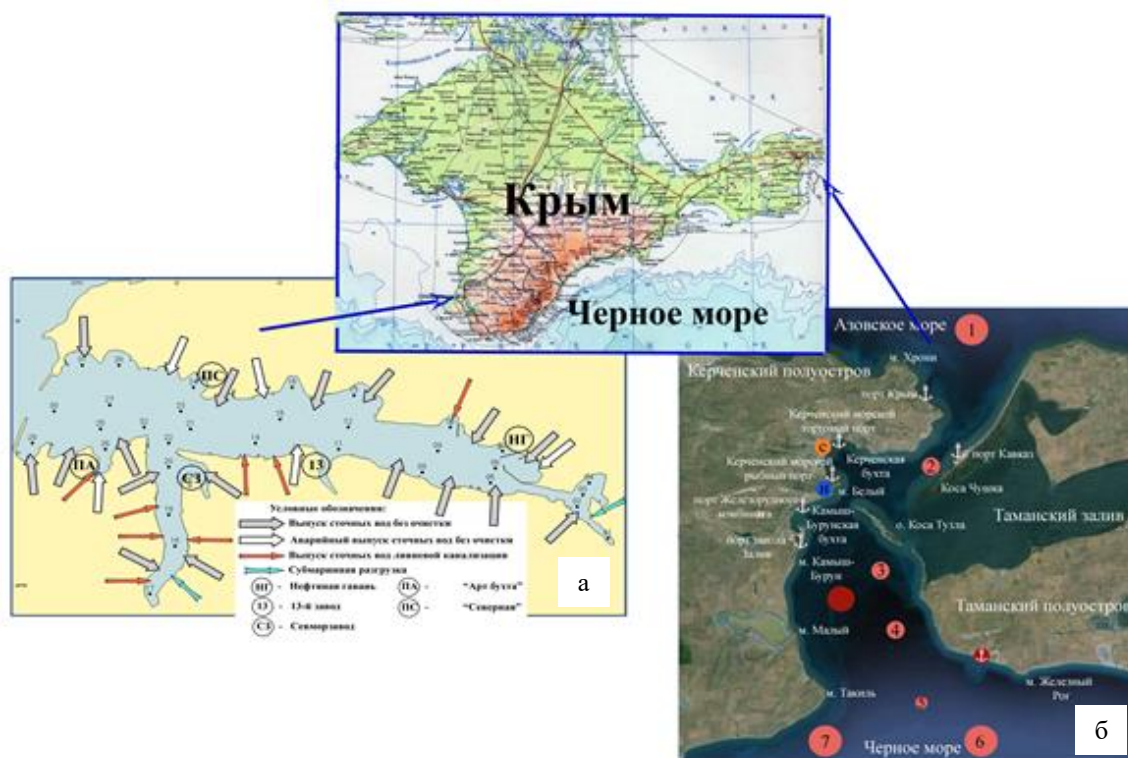


Рис. 1. Тестовые акватории Крыма повышенной техногенной нагрузки.

Степень вовлечения прибрежная зона, и особенно Керченского пролива, акваторий заливов и бухт Крыма имеет многовековую историю. Керченский пролив объединяет водные бассейны Азовского и Черного морей, имеющих не только свой

особый гидрологический режим, но и водные массы которых зачастую на 1-2 порядка отличаются по концентрациям содержащихся в них общего взвешенного и растворенного органического вещества, являющимися маркерными трассерами как природных процессов, так и привнесенных загрязнений из многочисленных источников, как береговых, так и расположенных на акватории пролива – дампинга грунтов, рейдовых перевалок грузов, дноуглубительных работ, многочисленных береговых, в том числе и муниципальных, стоков, взмучивание донных иловых отложений винтами проходящих судов (с учетом осадки судов до 6-7 метров при глубине судоходного канала 7-8 метров; на основной акватории пролива глубина не превышает 3-4 метров), абразии берегов и кос (Кушка и Тузла) обусловленной сильными ветрами и генерируемой ими сложной системы течений.

В результате в Керченском проливе формируется сложная структура распределения загрязняющих веществ, обусловленная как нахождением источников загрязнений – донных (места дампинга грунтов, дноуглубительных работ), с учетом их размыва и последующего переноса и поверхностных (береговые стоки, перевалка грузов) с последующей переносом и седиментацией. При этом циркуляция поля течения, обусловленная глобальным ветровым переносом в акватории пролива, определяется как неустойчивыми ветрами, с доминирующим вкладом меридиональных ветров до 6-12 м/с, и нагоном, с колебаниями уровня до 2 метров, при этом скорость подъема и спада уровня может достигать 26 см/ч [Иванов и др., 2004]. Техногенные источники загрязнения в проливе негативно влияют на количественного распределения макрозоопланктона, икры и личинок рыб в пелагиали Керченского пролива, в целом лимитируя биопродуктивность Азовского и Черного морей [Гришин, Чепыженко, 2012]. Многочисленные заливы и бухты Крыма, в частности – Севастопольская, находясь в городской черте активно вовлечены в хозяйственную деятельность. Промышленные предприятия, судоходство и городская инфраструктура формирует сток в акваторию бухты очищенных, а чаще – не очищенных техногенных и хозяйственно-бытовых сточных вод, с учетом низким водообменном в открытой частью моря приводит к стрессовому влиянию на элементы водной экосистемы [Совга и др., 2014]. Использование выражения "загрязнения моря взвешенными и растворенными органическими веществами" обосновано тем, что высокие значения концентраций взвеси и растворенного органического вещества, в большинстве случаев, связаны с антропогенным воздействием и оказывают негативное влияние на экологию морской среды. Общее взвешенное вещество (ОВВ) и растворенное органическое вещество (РОВ), которые являются интегральными маркерными параметрами оценки состояния водной среды, при этом повышенные их концентрации могут сформироваться как в силу неблагоприятном сочетании природных факторов и негативном развитии (приводящих в частности к заморам), так и в результате привнесения загрязняющих компонентов.

Загрязнение водной среды нефтепродуктами обусловлен ее токсичностью, при этом нефтепродукты относятся к числу наиболее распространенных и опасных веществ, загрязняющих поверхностные воды. Нефть и продукты ее переработки – нефтепродукты (НП) представляют собой чрезвычайно сложную, непостоянную и разнообразную смесь веществ, присутствие любой из фракций в водной среде негативно влияет на водную экосистему. Однако присутствие в водной среде ароматических и полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), даже в незначительных концентрациях, обладающих, в силу своего нахождения в растворенной фазе в среде обитания морских организмов, мутагенными и канцерогенными свойствами оказывают наиболее серьезное воздействие на окружающую среду, и относятся агентством по охране окружающей среды США (USEPA) к приоритетным загрязнителям в водной среде, мониторинг которых представляет первоочередную задачу при антропогенном мониторинге прибрежной зоны и акватории портов [Oil in the

sea, 2002].

Картирование пространственного распределения загрязнения в прибрежных зонах, акваториях заливов и бухт с применением инструментальных методов мониторинга стали общепринятыми оперативными методами, позволившими в результате получения значительных массивов данных судить о вертикальной стратификации и пространственной изменчивости основных загрязнителей. При этом используются информативные признаки загрязнения, имеющие групповые свойства – изменение мутности морской воды (концентрации ОВВ) и превышение концентрации РОВ, которые являются косвенными индикаторами повышенного содержания в воде гидрохимических загрязнителей (тяжелых металлов, хлорорганических соединений, бактериальных загрязнителей, растворенных нефтепродуктов) над природной нормой. Важным признаком, наряду с повышенными локальными концентрациями, сочетаемые с географическим положением известных или возможных локальных источников поступления стоков при выделении «антропогенных» «природных концентраций» является наличие текстурных признаков, обуславливающих ее вертикальное распределение (инверсий, энтузий, сопряженность с известными выпусками). Сочетание нескольких информативных параметров характеризующих нахождение загрязняющих веществ в водной среде обеспечивает повышение достоверности их картирования и источников их поступления, а с учетом пространственного распределения, обусловленное существующей системой течения, и оценить обусловленность загрязнения.

В практику экологического мониторинга прибрежных акваторий, заливов и бухт прочно вошли инструментальные методы с применением мультипараметрических зондирующих комплексов (компаний YSI, WetLabs и др.) которые сочетая информативные измерители концентраций взвешенных и растворенных органических веществ, растворенных нефтепродуктов с измерение фоновых гидрологических параметров среды, обеспечивают объективность и оперативность проведения комплексного экологического мониторинга. Применимость устойчивых стандартов, длительная стабильность и объективность измерений параметров среды, подтвержденная корреляцией с прямыми методами упростило проведение натуральных исследований до рутинных измерений. Мультипараметрический комплекс Кондор [5], имеющий варианты исполнения как по конструктивному (кабельному или автономному), так и по составу измеряемых параметров среды сочетает гидрологические параметры среды – солености, температуры и гидростатического давления (СТД), параметры водной среды характеризующие биофизические параметры - общее взвешенное вещество (ОВВ –TSM), растворенное органическое вещество (CDOM-fDOM) и дополнительные информативные каналы, обеспечивающие более глубокое изучение биофизических процессов – дисперсный состав взвеси, условия фотосинтеза (ФАР - фотосинтетически активная радиация), концентрация хлорофилла-«а», концентрации растворенных полициклических ароматических нефтепродуктов (ПАУ) и динамических параметров среды – скорости и направления течения, что особенно важно как при оценке переноса ЗВ от источника поступления, так и при условий циркуляции вод в исследуемой акватории с учетом оценки ассимиляционной способности. Водная экосистема обладая высокой степенью гетерогенности во времени и пространстве является чрезвычайно динамичной и быстро адаптируются с учетом доступного ей ресурса. Локализация техногенного источника может выполняться опосредованно, как функция реакции природных компонентов среды на дестабилизирующую примесь. При этом параметры среды учитывают биофизическую трансформацию параметров водной экосистемы, вариацию аллохтонной и автохтонной их компонентов, изменении состава нефтепродуктов как функция времени их нахождения в водной среде (которое проявляется в изменении их оптических свойств) и геострофическую составляющую поля скорости как параметр влияющий на трансформацию

аномалий пространственных полей. Сочетание мультипараметричности и оценка автохтонных компонентов водной экосистемы в спектрофотометрических и флюоресцентных полях обеспечивает не только повышение достоверности анализа, но и обеспечивает оценку метаболизма биофизических параметров среды, имеющий различный отклик в природных полях. Данный подход на основе локализации экстремумов временной трансформации природных полей с учетом техногенного воздействия может быть применен для локализации объектов, имеющих информативные признаки на фоне высоких значений аномалий природных полей в Керченском проливе и акватории севастопольских бухт – Главной, Южной, Стрелецкой, Казачьей и Балаклавской.



Рис. 2. Биофизический комплекс Кондор

Распределение ОВВ и РОВ, обусловленное наличием техногенного загрязнения обусловленное привнесением из источников в акватории пролива (дампинг грунтов, дноуглубительные работы, рейдовая перевалка грузов, многочисленные береговые промышленные и бытово-хозяйственные муниципальные стоки, а так же привнесение в акваторию донных иловых отложений винтами проходящих судов (осадка судов – до 6-7 метров при глубине судоходного пролива – 7-8 метров) с учетом гидродинамических факторов - интенсивностью и направлением ветрового переноса и нагона, формирующих поле течения в проливе обуславливает поле загрязнения в акватории Керченского пролива. Наиболее значимыми на формирование полей ЗВ в Керченском проливе являются меридиональные ветра, формирующие наиболее интенсивное и разнонаправленное струйное течение при азово-морском и черноморском глобальном переносе.

Отсутствие универсального метода определения концентрации НУ обусловлено уникальностью характеристик и свойств каждого типа сырой нефти и нефтепродуктов. Традиционным инструментальным методом определения РН как по пробам, так и непосредственно в среде «in situ» является флюоресцентный метод, регистрирую-

щий флюоресценцию (Emission - «Em») в средневолновом (UVB) или в коротковолновом (UVC) УФ диапазоне при возбуждении (Excitation – «Ex») в длинноволновом УФ диапазоне (UVA). При мониторинге применяются флюоресцентный метод оценки интегральных растворенных НП (Ex/Em) 337нм/380нм (корреляционная функция с учетом адсорбирования НП на взвеси с прямым ИК методом составила $R^2=0,86$) и флюоресцентный ультрафиолетовый метод регистрации полициклических ароматических углеводородов - ПАУ (polycyclic aromatic hydrocarbons -РАН) с соотношением (Ex/Em) (250/360нм). В связи со сложным составом растворенных НП и их различием по акваториям данные, для сопоставления, представлены в относительных единицах и измерители НП калибруются по жидким и твердым флюоресцентным стандартам.

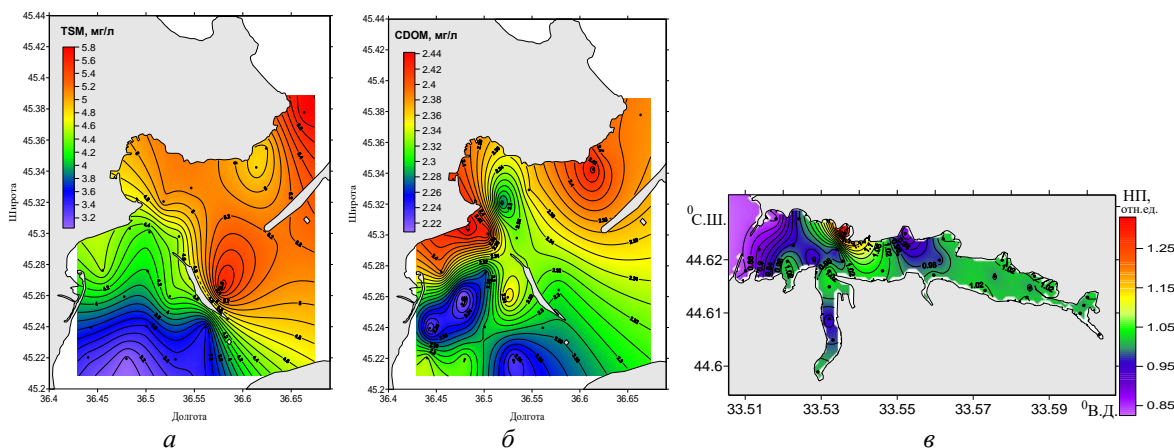


Рис. 3. Пространственное распределение общего взвешенного вещества, мг/л (а), растворенного органического вещества, мг/л (б) в акватории Керченского пролива и ПАУ, отн.ед. в акватории Севастопольской бухты

Растворенные НП, как химически стабильная и пространственно устойчивая форма нахождения НП в водной среде позволяет при полигонных экспедиционных исследованиях определять источники их поступления. Распределение взвешенных и растворенных органического вещества в Севастопольской бухте определяется наличием и устойчивостью многочисленных стоков в ее акваторию и слабой промываемостью бухты [3]. Распределение растворенных полициклических нефтепродуктов в водной среде Севастопольской бухты представляет наибольший интерес как степень ее загрязненности одним из наиболее опасным для водной экосистемы мутагенным поллютантом, так и представление Севастопольской бухты как тестового полигона с известными потенциальными источниками поступления растворенных НП и ПАУ – стоянкам судов, места швартовки курсирующих катеров, нефтяные причалы, места бункеровки судов для их «привязки» с максимальными концентрациями ПАУ по результатам мониторинга (рис3в).

Работа выполнена в рамках государственных заданий по теме № 0827-2014-0010 «Комплексные междисциплинарные исследования океанологических процессов, определяющих функционирование и эволюцию экосистем Черного и Азовского морей на основе современных методов контроля состояния морской среды и грит-технологий» (Шифр «Фундаментальная океанология»).

Список литературы:

1. Гришин А.Н., Чепыженко А.И. Особенности количественного распределения макрозоопланктона, икры и личинок рыб в пелагиали Керченского пролива. Труды Южного Научно-исследовательского института Рыбного хозяйства и океанографии.// Керченский филиал ("ЮгНИРО") федерального государственного бюджетного научного учреждения "Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства" (Керчь), ISSN: 1026-5643eISSN: 2412-8864

- Т. 50, 2012, стр.106-112
2. Иванов В.А., Шапиро Н.Б. Моделирование течений в Керченском проливе. сб. Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа, №10, 2004 г, стр_207-232
 3. Совга Е.Е., Мезенцева И.В., Хмара Т.В., Слепчук К.А. О перспективах и возможностях оценки самоочистительной способности акватории Севастопольской бухты. Сб.: Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа, Серия: 28, 2014. ЭКОСИ-Гидрофизика Севастополь. С.153 -164
 4. Oil in the sea III: Inputs, Fates, and Effects. Committee on Oil in the Sea: Inputs, Fates, and Effects. Ocean Studies Board and Marine Board. Divisions of Earth and Life Studies and Transportation Research Board. NATIONAL RESEARCH COUNCIL OF THE NATIONAL ACADEMIES. The National Academies Press. 500 Fifth Street, N.W. Box 285 Washington, DC20055 800-624-6242 202-334-3313 (in the Washington Metropolitan area) <http://www.nap.edu> GC1085 .O435 2002/ 628.1'6833—dc21. 2002015715
 5. <http://ecodevice.com.ru/ecodevice-catalogue/multiturbidimeter-kondor>

**AN INTEGRATED TOOL FOR ENVIRONMENTAL MONITORING
OF WATER AREAS OF PORTS AND BAYS UNDER CONDITIONS
OF STRESS TECHNOGENIC LOAD: THE INFORMATIVE
PARAMETERS MONITORED AND CONTROLS**

A.I. Chepyzhenko^{1,2}, A.A. Chepyzhenko¹

¹*Marine Hydrophysical Institute RAS, Sevastopol, 299011,
e-mail: ecodevice@yandex.ru, annachep87@yandex.ru*

²*AquaStandart, ltd, Sevastopol, 299011, e-mail: ecodevice@yandex.ru*

Abstract

The authors propose informative parameters of the environment, instrumental monitoring of which on the basis of multiparameter informative approach in the waters of the studied areas provides operational and objective quality control of the aquatic environment and the localization of the most man-made hazardous sources. The multiparameter biophysical complex "Condor" and the results of monitoring in technogenic waters of the Crimea are presented.

ПРОБЛЕМЫ ПОЛУЧЕНИЯ БИОТОПЛИВА ГИДРОТЕРМАЛЬНЫМ СЖИЖЕНИЕМ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ

Н.И. Чернова^{1,2}, С.В. Киселева^{1,2}, М.С. Власкин², А.В. Григоренко²

¹МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, 119991, Россия,

e-mail: chernova_nadegda@mail.ru

²Объединенный институт высоких температур РАН, Москва, 125412, Россия

Введение. Для развития биоэнергетики требуются перспективные возобновляемые непищевые источники сырья, легко трансформируемые в энергоносители. Один из таких источников сырья – биомасса микроводорослей (МКВ), которые по сравнению с традиционными энергетическими культурами показывают существенные преимущества: более высокая эффективность фотосинтеза и продуктивность по биомассе и маслу, отсутствие конкуренции за пахотные земли, возможность их использования для очистки сточных вод и получения сопутствующих продуктов с высокой добавленной стоимостью, удешевляющих основное производство [1]. Биомасса МКВ может быть трансформирована в биотопливо технологиями гидротермального сжижения, пиролиза, газификации, прямого горения и анаэробного сбраживания [2,3]. Кроме того, водоросли могут быть использованы для производства водородного топлива [4,5]. В настоящее время одной из перспективных технологий получения биотоплива из микроводорослей считается технология гидротермального сжижения (hydrothermal liquefaction, НТЛ) с получением в качестве целевого продукта жидкого биотоплива (бионефти). Гидротермальное сжижение представляет собой способ термохимической конверсии влажных МКВ, при котором производят жидкий энергоноситель, называемый «био-нефть» или «bio-oil», а также газообразные, водосодержащие («aqua phase») и твердые побочные продукты («biochar»). В процессе переработки биомассы методом НТЛ не требуется предварительной сушки сырья: МКВ могут подаваться в реактор гидротермального сжижения во влажном состоянии, например, в виде водной суспензии. Кроме того, при получении топлива методом НТЛ вклад в выход бионефти вносят не только липиды, но также углеводы и белки, что повышает суммарный выход продукта. Водный раствор после НТЛ биомассы МКВ образуется в качестве побочного продукта в большом количестве (до 50 %) из-за использования высоко влажной биомассы, имеет ограниченную энергетическую ценность и нуждается в утилизации [6]. Цель данного исследования – оценка возможности утилизации питательных веществ из водного раствора после гидротермального сжижения биомассы микроводорослей для частичного замыкания цикла производства бионефти.

Материалы и методы.

Культивирование микроводорослей для получения бионефти и их характеристики. В качестве источника биомассы для НТЛ была использована культура сине-зеленой микроводоросли/цианобактерии *Arthrospira platensis rsemsu 1/02-P* (артроспира) с прямыми трихомами, образовавшимися в результате естественной морфологической изменчивости при многолетнем культивировании в лабораторных условиях. Преимуществами МКВ артроспиры являются: их способность расти в открытых культиваторах без контаминации другими микроорганизмами вследствие высокой щелочности питательной среды для ее выращивания (рН=8,5–11,5); дешевые способы сбора биомассы; лабильность биохимического состава и высокая скорость роста. Нарращивание биомассы артроспиры для ее трансформации технологией НТЛ осуществлялось в НИЛ возобновляемых источников энергии МГУ в двух плоскостных культиваторах открытого типа объемом 500 л каждый полунепрерывным

способом на питательной среде Заррука при постоянной освещенности $25 \pm 3 \mu\text{E}/(\text{m}^2 \times \text{сек})$ и $T=21^\circ\text{C}$ с приповерхностным перемешиванием. Собранная и сконцентрированная на ситах биомасса высушивалась до воздушно-сухого состояния (влажность около 3 %), после чего проводился ее химический и биохимический анализ. В таблице 1 для биомассы *A. platensis* представлен элементный состав на сухое беззольное состояние (определялось на анализаторе VARIO ELIII Elementar Analysen systeme GmbH); влажность, содержание золы, (определялись на термоанализаторе Simultaneous SDT Q600), биохимический состав (определение содержания белков, липидов и углеводов проводилось согласно известным методикам [7-9]). Содержание кислорода определялось вычитанием, содержание золы определялось на рабочем состоянии, влажность и биохимический состав - на сухое беззольное состояние.

Таблица 1

Характеристика исходного сырья (биомассы *A. platensis*.)

Элементный состав, масс. %					Зольность, масс. %	Влажность, масс. %	Биохимический состав, масс. %		
C	H	N	S	O			Белки	Липиды	Углеводы
61,3	6,4	8,8	1,0	22,5	5,1	3,0	60,1	10,3	9,8

Затем биомасса подвергалась гидротермальному сжижению на установках ОИВТ РАН (рис. 1). Для унификации условий экспериментов биомасса МКВ высушивалась, а затем разводилась в фиксированных объемах дистиллированной воды. Таким образом, в различных повторностях соблюдались одинаковые концентрации биомассы для НТЛ в исходном растворе.

Гидротермальное сжижение биомассы МКВ. НТЛ полученной биомассы артроспиры проводилась в реакторе-автоклаве объемом 0,9 л, рассчитанном на давление 30 МПа, максимальная температура эксплуатации – 500°C . Температура реактора измеряется с помощью 2-х термопар, которые зафиксированы на верхней и боковой поверхности реактора, и теплоизолированы от внешней среды. Перед экспериментом реактор герметизировался и продувался азотом. В ходе экспериментов в реактор заливалась суспензия, состоящая из 500 г дистиллированной воды и 150 г сухой биомассы МКВ. Продолжительность процесса нагрева до заданной температуры составляла около 60 минут, выдержка при этой температуре – около 80 минут. Реактор разогревался до температур 270, 300 и 330°C . После остывания реактора в отдельную емкость выводились конденсированные продукты НТЛ, которые представляли собой смесь двух несмешивающихся жидкостей (более легкой, темной смолоподобной жидкости (бионефть) и под ней – водного раствора) и твердого остатка. Бионефть от водного раствора отделялась механически, без использования каких-либо органических растворителей. Твердый остаток отделялся от водного раствора фильтрованием на бумажном фильтре. Относительное содержание полученных продуктов приведено в таблице 2.

Таблица 2

Содержание продуктов НТЛ (270/300/330 $^\circ\text{C}$) *A. platensis* rsemsu 1/02-P

Продукты НТЛ, %	Температура, $^\circ\text{C}$		
	270	300	330
Бионефть	34,6	38,8	45,7
Газ	12,7	14,8	17,5
Твердый остаток	28,7	27,4	26,0
Водный раствор	24,0	19,0	10,8

Культивирование микроводорослей на водном растворе после НТЛ. На полученном после гидротермального сжижения артротсперы водном растворе выращивались следующие штаммы МКВ: *A. platensis rsemsu P*, *A. platensis rsemsu 1/02*, *A. platensis rsemsu T*, *A. platensis rsemsu Bios*, *Galdieria sulphuraria rsemsu G-1*, *Chlorella vulgaris rsemsu Chv-20/11-Ps* из коллекции НИИ ВИЭ МГУ. Культивирование указанных штаммов микроводорослей проводилось в колбах Эрленмейера объемом 100-250 -500 мл, которые засеивались одинаковым количеством биомассы МКВ. Колбы помещались на шейкер с вращением 120 об/мин; T=33°C; освещение 30 мЕ/м²/с лампами ДРЛФ-400 круглосуточно. Характеристики роста биомассы определялись колориметрически путем измерения оптической плотности культуры на откалиброванном на сухую биомассу колориметре КФК-2-УХЛ42. Контролем служил рост тех же микроводорослей на соответствующих питательных средах. Культивирование МКВ на разбавленной водной фазе после НТЛ проводилось в течение 10–35 суток. Поглощение биогенных элементов микроводорослями определялось посредством химических анализов на разных этапах выращивания МКВ. В качестве показателей рассматривались ХПК, БПК₅, нитраты (NO₃⁻), фосфаты (PO₄³⁻), аммоний (NH₄⁺). Состояние культур МКВ визуально контролировалось в ходе экспериментов путем микроскопирования проб культуральной жидкости (Микроскопы «ЛОМО Микмед-2» и «Аxioplan 2 Imaging» с камерой высокого разрешения «АxiоCam МВm» и модульной системой обработки и анализа изображений «АxiоVision 3.1.» фирмы Carl Zeiss).

Эксперименты и обсуждение результатов.

Как указывалось выше, задачей экспериментов было исследование возможностей поглощения биогенных элементов из водного раствора после НТЛ биомассы микроводорослей. Проведенный анализ состава водного раствора после НТЛ биомассы МКВ *A. platensis rsemsu P* при различных температурах (270, 300 и 330 °С) показал наличие всех питательных веществ, необходимых для выращивания биомассы МКВ, в том числе микроэлементы (всего было определено 58 показателей). Помимо минеральных элементов, в водном растворе после НТЛ в большом количестве содержатся общий азот, который представлен катионами аммония (от 14,3 г/л до 23,6 г/л при НТЛ 270°C и 330°C соответственно). Содержание азота в водном растворе в значительной степени зависит от количества белка, причем более половины азота из МКВ переносится в водную фазу во время гидротермального сжижения (известно, что артротспера содержит белок в рекордных количествах - до 65%). Кроме того, высокое содержание аммиака, образующегося при гидролизе и дезаминировании белка, определяет высокое значение рН (8,7-9,2) водных растворов, полученных после НТЛ. Органический углерод представлен, в основном, в виде короткоцепочечных органических кислот, причем в большом количестве содержатся ацетаты (от 11,5 г/л в водном растворе от гидротермального сжижения при 300°C до 37,0 г/л – при 270°C). Повышенное содержание ацетата может рассматриваться как положительный фактор, поскольку его анионы могут являться источником органического углерода для миксотрофного и гетеротрофного роста МКВ, способствуя увеличению продуктивности некоторых штаммов, что и было продемонстрировано в экспериментах по выращиванию МКВ гальдиерии и хлореллы. Водный раствор от НТЛ при 270°C, имеет наиболее благоприятный состав для культивирования МКВ в силу наименьших концентраций аммония. Поэтому в дальнейшем выращивание МКВ проводилось именно на этом водном растворе.

Было обнаружено, что водный раствор, даже будучи разбавленным питательной средой или дистиллированной водой в 25, 50, 100 раз, полностью ингибирует рост клеток МКВ *A. platensis rsemsu P*. Разбавление водного раствора питательной средой в 150, 200 и 300 раз в течение первых 3-5 суток обеспечивало незначительный рост клеток, однако на 6-7-е сутки рост прекращался по сравнению с контрольным вари-

антом. Торможение роста может быть связано также с наличием большого количества токсичных соединений в водном растворе (фенолы, циклические азотистые соединения, тяжелые металлы, ионы аммония). Анализ роста штаммов МКВ (*Galdieria sulphuraria rsemsu G-1*, *Chlorella vulgaris rsemsu Chv-20/11-Ps*, *A. platensis rsemsu 1/02*, *A. platensis rsemsu T*, *A. platensis rsemsu P*) в водном растворе после НТЛ, разбавленном в 500 раз дистиллированной водой, показал, что самым активным ростом в этих условиях характеризуется гальдиерия, рост которой в первые 25 суток выращивания превосходит контроль, что подтверждает ее способность к миксотрофии. Хлорелла также имела устойчивый рост, показатели которого были все-таки ниже, чем в контроле. Альгологически чистые клоновые культуры трех штаммов артроспиры обнаружили большую чувствительность к токсичным соединениям и отсутствие роста без бикарбонатных ионов в питательном растворе (рис. 1).

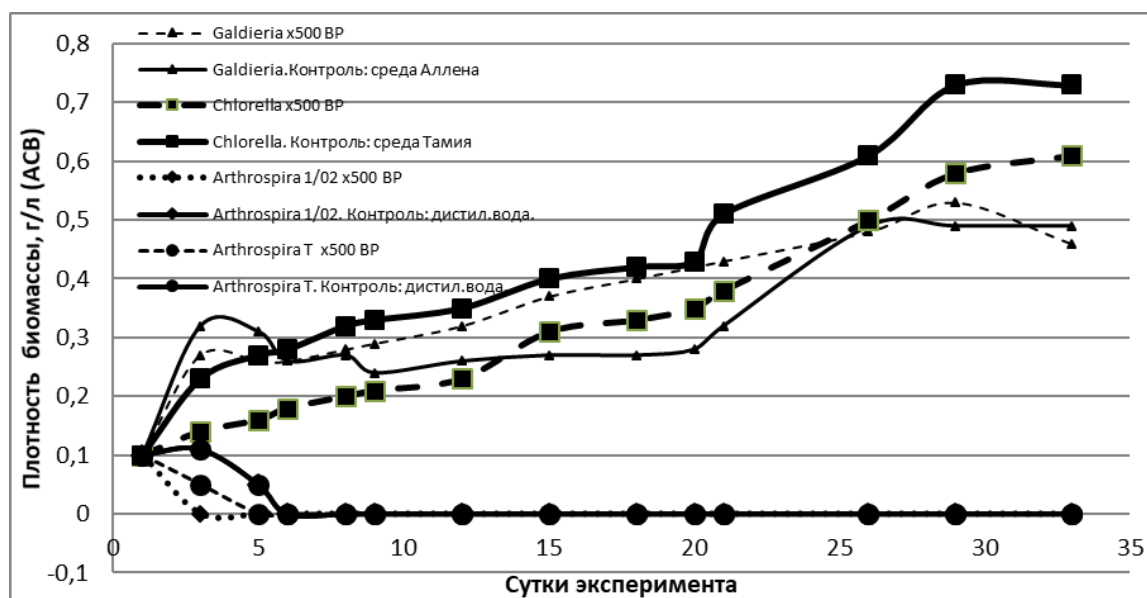


Рис. 1 Динамика плотности культур при выращивании различных штаммов МКВ в водном растворе после НТЛ, разбавленном в 500 раз дистиллированной водой. Контроль – динамика плотности при выращивании тех же штаммов на полных культуральных средах (для *Galdieria*, *Chlorella*), на дистиллированной воде (*Arthrospira 1/0*, *Arthrospira T*).

Токсический эффект компонентов водного раствора на рост культур артроспиры прекращался, начиная с разведения его полной питательной средой Заруек'а в 350 раз, но концентрация биомассы на 25 сут. увеличилась только в 4 раза по сравнению с контролем, где увеличение произошло за тот же период роста в 17 раз. Культура *A. platensis rsemsu Bios*, отфильтрованная из больших открытых плоскостных культиваторов, в которых выращивание происходит в течение длительного времени полупрерывным способом, а засев новых культиваторов осуществляется пассажами из предыдущих, – обнаружила значительно большую толерантность к токсичным элементам водного раствора после НТЛ. Интенсивный рост клеток артроспиры с бактериями-ассоциантами в этом опыте при разбавлении водного раствора в 400 раз дистиллированной водой, но с добавлением бикарбонат-анионов (1/2 от среды Зарука) продолжался более месяца и находился на уровне контроля.

Закключение. Одним из перспективных способов трансформации биомассы МКВ в биотопливо рассматривается технология гидротермального сжижения с получением в качестве целевого продукта жидкого биотоплива (бионефти). Нами был проведен ряд экспериментальных работ по применению технологии НТЛ к выращенной биомассе сине-зеленых микроводорослей *Arthrospira platensis rsemsu P* (коллекция НИЛ ВИЭ МГУ). НТЛ биомассы артроспиры осуществляли в реакторе при температуре 270-330°C. Выходы бионефти, газообразных продуктов, твердого

остатка и водного раствора после гидротермального сжижения этой биомассы составили 34-46%, 12-18%, 26-30%, 10-24% соответственно. Побочным продуктом НТЛ является водный раствор, имеющий ограниченную энергетическую ценность и нуждающийся в утилизации. Была исследована возможность использования питательных веществ из водного раствора после НТЛ биомассы *A.platensis rsemsu 1/02-P* для выращивания МКВ. Установлено, что водный раствор содержит не только необходимые для выращивания водорослей питательные вещества в количествах, на порядок превышающих оптимальные для каждого вида для МКВ, но и токсичные соединения (фенолы, циклические азотистые соединения, тяжелые металлы и др.). Исследования роста и развития разных видов МКВ показали, что для предотвращения токсического эффекта ингибиторов роста необходимо интенсивное разбавление водного раствора после НТЛ. Экспериментально были подобраны штаммы МКВ из коллекции НИЛ ВИЭ МГУ, способные в течение длительного времени (более месяца) расти на разбавленном водном растворе после НТЛ: *Galdieria sulphuraria rsemsu G-1*, *Chlorella vulgaris rsemsu Chv-20/11-Ps* и *Arthrospira platensis rsemsu Bios*. Продуктивность штамма *Galdieria* в первые 25 суток выращивания превосходит контроль, что подтверждает ее способность к миксотрофии. Консорциумы цианобактерии *A.platensis rsemsu Bios* с бактериями-ассоциантами обнаружили устойчивый рост на разбавленном в 300-400 раз водном растворе после НТЛ. При этом требуется добавление соды для создания более благоприятных условий роста и развития артроспиры ($\text{pH} > 8,5$; обеспечение культуры необходимыми для роста анионами HCO_3^-) и, как следствие, более эффективное изъятие биогенных элементов (N и P) и тяжелых металлов.

Список литературы

1. Chernova, N.I., Kiseleva, S.V., and Popel', O.S., (2014) Efficiency of the Biodiesel Production from Microalgae, *Thermal Eng.*, 61(6), pp. 399–405.
2. Borowitzka MA, Moheimani NR. Sustainable biofuels from algae // *Mitig Adapt Strateg Glob Chang*. 2013; 18:13–25.
3. Chernova N.I., Kiseleva S.V., Vlaskin M.S., Rafikova Y.Y. Renewable energy technologies: enlargement of biofuels list and co-products from microalgae // *MATEC Web Conf*. 2017. Vol. 112. № 10010. doi.org/10.1051/mateconf/201711210010.
4. Skjanes K, Rebours C, Lindblad P. Potential for green microalgae to produce hydrogen, pharmaceuticals and other high value products in a combined process. *Crit Rev Biotechnol* 2013;33:172–215.
5. Chernova N.I., Kiseleva S.V. Microalgae biofuels: Induction of lipid synthesis for biodiesel production and biomass residues into hydrogen conversion // *International Journal of Hydrogen Energy*. 2017. Vol. 42. № 5. P. 2861-2867.
6. Lijian Lenga, Jun Li, Zhiyou Wena, Wenguang Zhoua. Use of microalgae to recycle nutrients in aqueous phase derived from hydrothermal liquefaction process. *Biore-source Technology* 256 (2018) 529–542. doi.org/10.1016/j.biortech.2018.01.12.
7. Dawson R.M.C., Elliott D.C., Elliott W.H., Jones K.M. *Data for Biochemical Research* (Third Edition). Oxford: Oxford Science Publications, 1986.
8. Folch J., Lees M., Stanley G.H.S. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues // *J. Biol. Chem*. 1957. Vol. 226. No. 1. P. 497–509.
9. Dubois M., Gilles K.A., Hamilton J.K., Rebers P.A., Smith F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances // *Anal. Chem*. 1956. Vol. 28. No. 3. P. 350–356.

**PROBLEMS OF OBTAINING BIOFUELS BY HYDROTHERMAL
LIQUIDATION OF MICROALGAE BIOMASS**

N.I. Chernova^{1,2}, S.V. Kiseleva^{1,2}, M.S. Vlaskin², A.V. Grigorenko²

¹*Lomonosov Moscow State University, Moscow, 119991, Russia,*

e-mail: chernova_nadegda@mail.ru

²*Joint Institute for High Temperatures of the Russian Academy of Sciences,
Moscow, 125412, Russia*

Abstract

The using an aqueous solution of organic and mineral compounds after HTL, not included in the bio-oil, as a nutrient medium for growing microalgae was studied. For the HTL of *A. platensis* rsemsu P the reactor of the Institute of High Temperatures RAS has been used. The outputs of bio-oil, gaseous products, solid residue and aqueous solution were 34-46%, 12-18%, 26-30%, 10-24% respectively. It has been shown that to prevent the toxic effects of high nutrient and growth inhibitors, an intensive dilution of an aqueous solution is necessary. Microalgae strains capable of growing for a long time (more than a month) on a dilute aqueous solution after HTL, were experimentally selected from the collection of Renewable Source Energy Laboratory at LMSU: *Galdieria sulphuraria* rsemsu G-1, *Chlorella vulgaris* rsemsu Chv-20/11-Ps and *A. platensis* rsemsu Bios.

**СОЗДАНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ УСЛОВИЙ ДЛЯ РАБОТЫ ВИЭ
НА ОПТОВОМ РЫНКЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ И МОЩНОСТИ
ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ОПЕРАТИВНО-ДИСПЕТЧЕРСКОГО УПРАВЛЕНИЯ
ЭНЕРГОСИСТЕМЫ РЕСПУБЛИКИ КРЫМ И ГОРОДА СЕВАСТОПОЛЯ**

А.С. Чернышов¹; Б.А. Якимович²; В.В. Кувшинов³

*ФГБОУ ВО «Севастопольский государственный университет» Институт ядерной
энергии и промышленности, г. Севастополь, 299015, Россия
e-mail: ¹chernyshovas@tavrida.so-ups.ru, ²yakimovich52@gmail.com,
³kuvshinov.vladimir@gmail.com*

Строительство солнечных электростанций в России идет быстрыми темпами, а опыт эксплуатации солнечных электростанций в России еще недостаточно большой. Эксплуатация крупных солнечных электростанций и их зависимость выработки от освещенности и других метеофакторов влечет за собой сильную зависимость режимов работы энергосистемы Республики Крым и г. Севастополя от метеофакторов. При некачественном прогнозе вырабатываемой мощности солнечных электростанций диспетчеру приходится либо разгружать (отключать) тепловые электростанции, работающих по плановому диспетчерскому графику, либо загружать (включать), что влечет за собой дополнительные экономические затраты. Таким образом, накопление опыта эксплуатации солнечных электростанций является актуальным вопросом. Одним из методов решения данной проблемы является работа солнечной генерации по фиксированному графику, создание вращающегося резерва на загрузку путем воздействия на инвертора солнечных электростанций, тем самым снижаются риски по снижению надежности и качеству электрической энергии, а также снижаются экономические затраты на загрузку и включение генерирующего оборудования.

Введение. Солнечная энергетика представляет собой одно из перспективных направлений возобновляемой энергетики, основанное на непосредственном использовании солнечного излучения с целью получения энергии для отопления, электроснабжения и горячего водоснабжения. Солнце – неисчерпаемый, экологически безопасный и дешевый источник энергии. Как заявляют эксперты, количество солнечной энергии, которая поступает на поверхность Земли в течение недели, превышает энергию всех мировых запасов нефти, газа, угля и урана

Законодательная база в сфере поддержки развития солнечной энергетике в России находится в зачаточном состоянии. Сегодня между государством и инвестором заключается так называемый договор о поставке мощностей (ДПМ), по которому государство гарантирует возврат инвестиций в размере, позволяющем инвестору окупить вложения максимум за 15 лет. За границей действует другая система, там жесткие тарифы, по которым сеть покупает у частного солнечную энергию. Самые крупные СЭС в России находятся в Крыму, такие как СЭС «Перово» установленной мощностью 106 МВт, СЭС «Охотниково» 80 МВт, СЭС «Николаевка» 70 МВт и др. [4].

Одним из основных показателей, характеризующих динамику рынка солнечной энергетике, является суммарная установленная мощность солнечных электростанций, построенных и введенных в эксплуатацию. На сегодняшний день, по данным крупнейшего международного отраслевого объединения EPIA (Европейская ассоциация солнечной энергетике), в России к 2020 году объем солнечной энергетике приблизится к 3 ГВт [5].

Проблемы эксплуатации СЭС. На сегодняшний день в энергосистеме Республики Крым и г. Севастополя все электростанции ВИЭ работают на розничном рынке

электрической энергии и мощности. Электростанции ВИЭ получают прибыль за счет вырабатываемой электрической энергии.

У данных станции заключены договоры с гарантирующим поставщиком по поставке электрической энергии, по которому при качественном прогнозировании генерируемой мощности электростанции ВИЭ не несут штрафных санкции. Если генерируемая мощность будет отличаться от прогноза все дополнительные экономические затраты гарантирующего поставщика ложатся на электростанции ВИЭ отклонившихся от планового диспетчерского графика.

При управлении энергетическим режимом диспетчер Филиала АО «СО ЕЭС» Черноморского РДУ не может отдавать и регистрировать стандартные документируемые диспетчерские команды, в соответствии с Порядком отдачи и регистрации стандартных документируемых диспетчерских команд, распоряжений, разрешений и сообщений, используемых диспетчерским персоналом АО «СО ЕЭС» и его филиалов при управлении режимами работы объектов генерации участников оптового рынка и внешними перетоками, в отношении электростанции ВИЭ, так как они не являются субъектами оптового рынка электрической энергии и мощности и это влияет на их прибыль, а также на обязательства перед гарантирующим поставщиком.

На групповые объекты управления ВИЭ могут отдаваться диспетчерские команды на изменение нагрузки активной мощности, на отключение генерирующего оборудования от сети, а также команд по изменению реактивной мощности [8].

Также хотелось бы отметить, что отдача команд на изменение нагрузки активной мощности и на отключение генерирующего оборудования от сети в отношении ГОУ ВИЭ допустима только в целях предотвращения развития и ликвидации нарушений нормального режима.

Развитие солнечных электростанций сталкивается с проблемами их рационального и эффективного использования при работе в крупных энергосистемах. Нагрузка в энергосистеме меняется в течение дня, и в разные сутки она также разнится, формируя суточные пики различной высоты. Покрытие этой нагрузки осуществляется включенными генераторами. Промежуток времени между принятием решения о включении генератора в сеть и самим включением определяется длительностью пусковых операций и для объектов тепловых электростанций измеряется часами. В связи с этим необходимо заранее определить, какие генерирующие объекты и в какой очередности должны быть включены в работу для прохождения максимумов нагрузки, равно как и для прохождения периодов минимальной нагрузки требуется определить, какие объекты могут быть отключены от сети и переведены в резерв [6].

Таким образом, процедура выбора состава включенного генерирующего оборудования является важным элементом суточного планирования. Неправильный выбор состава включенного генерирующего оборудования влечет за собой экономический ущерб или даже может привести к нарушениям электроснабжения потребителей. При некачественном прогнозе вырабатываемой мощности солнечных электростанций диспетчеру приходится либо разгружать (отключать) тепловые электростанции, работающих по плановому диспетчерскому графику, либо загружать (включать), что влечет за собой дополнительные экономические затраты. При неблагоприятных погодных условиях генерация солнечных электростанций может изменяться за небольшой промежуток времени до 100-150 МВт, что приводит к включению дорогого генерирующего оборудования мобильных газотурбинных электростанций в связи с высокими скоростными характеристиками и малым временем включения в сеть. Данная проблема ярко выражена в Крымской энергосистеме, где суммарная установленная мощность СЭС составляет 30 %. При правильном определении вырабатываемой мощности СЭС можно добиться наиболее оптимальной загрузки электростанций на традиционном виде топлива, что позволит значительно увеличить КПД

тепловых электростанций, а также снизить экономические затраты на включение дополнительного оборудования.

Методы по улучшению работы СЭС в энергосистеме. Точность определения выбранного состава включенного генерирующего оборудования обеспечивает надежное и экономически выгодное функционирование, как энергосистем отдельных субъектов, так и ЕЭС в целом. Обеспечение точности определения генерирующей мощности в энергосистемах с наличием большой доли СЭС затруднено, и в общем сказывается на процедуру выбора состава включенного генерирующего оборудования, поскольку основными влияющими параметрами для прогнозирования вырабатываемой мощности СЭС являются метеофакторы.

Другой метод является создание дополнительных условий на оптовом рынке электрической энергии и мощности для СЭС для возможности работы СЭС по фиксированному диспетчерскому графику создание вращающегося резерва, ограничения генерируемой мощности СЭС путем воздействия на инвертора. Тем самым снизив дополнительные экономические затраты на разгрузку (загрузку), а также на отключение (включение) от сети (в сеть).

Так же необходимо дать возможность диспетчеру управлять электростанциями ВИЭ не только в целях предотвращения развития и ликвидации нарушений нормального режима, но и в нормальных условиях, так как СЭС имеют хорошие скоростные характеристики и при наступлении неблагоприятных погодных условий можно было бы нивелировать данное отклонение путем заблаговременного фиксированного снижения мощности и заменой ее более дешевой.

Для достижения поставленной цели необходимо, во-первых, создать условия для выхода на оптовый рынок электрической энергии и мощности электростанции ВИЭ. Для строящихся объектов решением данной проблемы является заключение ДПМ, по которому государство гарантирует возврат инвестиций в размере, позволяющем инвестору окупить вложения максимум за 15 лет.

В энергосистеме Республики Крым и г. Севастополя все электростанции ВИЭ не имеют заключенных ДПМ, так как были введены в эксплуатацию в другом государстве и еще не действовали правила оптового рынка электрической энергии и мощности. Вывод данных электростанции ВИЭ (380 МВт) на оптовый рынок электрической энергии и мощности дал бы диспетчеру большие возможности по управлению энергосистемой, а также по влиял на надежность и качество электрической энергии, и дополнительно снизились бы экономические затраты по пуску дополнительного оборудования. Решение данной проблемы возможно созданием дополнительных условий для электростанций ВИЭ на оптовом рынке электрической энергии и мощности, так как рынок системных услуг.

23.04.2019 года в энергосистеме Республики Крым и г. Севастополя были проведены масштабные испытания Таврической ПГУ – ТЭС и Балаклавской ПГУ – ТЭС на изолированную работу. Для проведения данных испытаний был спрогнозирован плановый диспетчерский график. При планировании диспетчерского графика солнечные электростанции работали по фиксированному диспетчерскому графику, заданного Филиалом АО «СО ЕЭС» Черноморское РДУ, это было необходимо для снижения вероятности отклонения генерируемой мощности СЭС от прогнозируемой величины генерируемой мощности, а также создание дополнительного вращающегося резерва в энергосистеме. Данные испытания показали, что СЭС могут работать по заданному плановому диспетчерскому графику. Отклонения фактической генерации СЭС от заданного диспетчерского графика составляли до 5 %.

Выводы. Создание дополнительных условий на оптовом рынке электрической энергии и мощности для СЭС даст возможность правильно выбрать состав включенного генерирующего оборудования, диспетчеру отдавать диспетчерские команды на

электростанции ВИЭ для снижения неблагоприятных последствий для энергосистемы, к более эффективному использованию мощности тепловых электростанций.

Работа СЭС по заданному диспетчерскому графику приведет к снижению экономических затрат, за счет снижения дополнительных unplanned пусков генерирующего оборудования, затрат на загрузку (разгрузку) генерирующего оборудования с более дорогой электрической энергией, а также за счет оптимальной загрузки (разгрузки) генерирующего оборудования с более дешевой электрической энергией и создание дополнительного вращающегося резерва.

Анализ результатов испытаний на изолированную работу Республики Крым и г. Севастополя показали, СЭС имеют возможность работать по заданному диспетчерскому графику и отклонения фактической генерации от заданной составляет 5 %, что позволяет диспетчеру управлять энергосистемой более надежно, с меньшими экономическими затратами для оптового рынка электрической энергии и мощности в целом.

Список литературы:

1. «Электроэнергетика глазами молодежи» 2014 г. Научные труды V международной молодежной научно-технической конференции. Т.2. Д. А. Копылов «Значение солнечных батарей в области возобновляемой энергетики», г. Томск, 10-14 ноября 2014 г. С 552-556.
2. Мониторинг событий, оказывающих существенное влияние на функционирование и развитие мировых энергосистем. ОАО СО «ЕЭС» 24.06.2016 – 30.06.2016. <http://www.globaltransmission.info>
3. Массон Г., Орланди С., Рекингер М. Обзор мирового рынка солнечной энергетики. Мюнхен, 2014.
4. Перминов Э.М. Энергетика республики Крым – состояние и проблемы развития. Новая возобновляемая энергетика – выбор Крыма. Журнал "Энергетик" №5 2014. С. 7-10.
5. Как солнечное излучение к середине века сможет стать крупнейшим источником электроэнергии. Международное энергетическое агентство (МЭА), 29 сентября 2014 г.
6. Архипов А., Долматова М. Два года новой модели ВСВГО. Профессиональный журнал "ЭнергоРынок" №2 (137) 2016. С. 52-58.
7. Золотарёв С. А. Особенности электроэнергетического режима энергосистемы Республики Крым и г. Севастополь на первом этапе ввода в работу энергомоста «Кубань - Крым», 2015. <http://gup-krymenergo.crimea.ru>
8. Порядком отдачи и регистрации стандартных документируемых диспетчерских команд, распоряжений, разрешений и сообщений, используемых диспетчерским персоналом АО «СО ЕЭС» и его филиалов при управлении режимами работы объектов генерации участников оптового рынка и внешними перетоками, утвержденный Заместителем Председателя Правления АО «СО ЕЭС».

CREATION OF ADDITIONAL CONDITIONS FOR THE WORK OF REVIEW ON THE WHOLESALE ELECTRIC ENERGY AND POWER MARKET TO IMPROVE OPERATIONAL DISPATCHER MANAGEMENT OF THE ENERGY SYSTEM OF THE REPUBLIC OF CRIMEA AND THE CITY OF SEVOPOPOL

A.S. Chernyshov¹, B.A. Yakimovich², V.V. Kuvshinov²

*Sevastopol State University Institute of Nuclear Energy and Industry,
Sevastopol, 299015, Russia,*

e-mail: ¹chernyshovas@tavrida.so-ups.ru, ²yakimovich52@gmail.com,

³kuvshinov.vladimir@gmail.com

Abstract

The construction of solar power plants in Russia is proceeding at a rapid pace and the experience of operating solar power plants in Russia is not large enough yet. The operation of large solar power plants and their dependence on the production of light and other meteorological factors entails a strong dependence of the operating modes of the power system of the Republic of Crimea and the city of Sevastopol from meteorological factors. In case of a poor-quality forecast of the generated power of solar power plants the dispatcher has to either unload (turn off) thermal power plants operating according to the planned dispatch schedule or load (turn on), which entails additional economic costs. Thus, the accumulation of operating experience of solar power plants is a pressing issue. One of the ways to solve this problem is to work with solar generation on a fixed schedule, create a rotating reserve for loading by affecting the solar power plant inverter, thereby reducing the risks of reducing the reliability and quality of electrical energy, as well as reducing the economic costs of loading and turning on the generating equipment.

ГЛУБОКОВОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ

Н.М. Шайтор¹, Ю.И. Рясков²,

*Севастопольский государственный университет, Институт ядерной энергии
и промышленности, г. Севастополь, 299015, РФ,
e-mail: ¹Shaytor1950@mail.ru, ²rjaskoff@mail.ru*

Введение. За всю историю Подводного флота Отечества с 1906 года по 2011 годы СССР и Россия потеряли по различным причинам боевого и не боевого характера 199 подводных лодок, море взяло к себе 4561 подводника. Только за последнюю историю атомного флота с 1955 по 2017 год затонуло 8 атомных субмарин: 4 советских, 2 российских, 2 американских. Основной причиной гибели затонувших кораблей, подводных лодок и глубоководных аппаратов является потеря плавучести, связанная с затоплением герметичных помещений и отсеков вследствие боевых и аварийных повреждений. Общая проблема спасения тонущих подводных лодок, кораблей и судов собственными силами и средствами в условиях автономного плавания не решена до настоящего времени [1,2].

В нормальных условиях эксплуатации электромеханическое преобразование энергии, связанное с функционированием электрических генераторов, электрических сетей и двигателей, а также работающих от них аварийных систем, осуществляется в воздушной среде. При аварийной разгерметизации судов и поступлении воды, в результате затопления электрических машин, происходит выход из строя электрических насосных станций, предназначенных для осушения помещений, в результате чего корабли принимают воду, теряют свою непотопляемость и гибнут.

Подобные проблемы имеют место и на отдельных береговых объектах [3-4]. Подземные убежища, шахты, метрополитены подвергаются затоплению грунтовыми водами и должны периодически осушаться, однако при угрозах природного и техногенного характера возможно быстрое поступление воды, сопровождающееся затоплением электродвигателей насосных станций и самих объектов.

Исходя из этого, разработка инновационных подводных технологий электромеханического преобразования энергии для обеспечения работоспособности противаварийных технических средств является весомым вкладом в повышение живучести, непотопляемости и эффективности кораблей и судов, защищённости людей и технических средств, повышение эффективности морского флота.

Анализ последних исследований и публикаций, где обсуждается решение этой проблемы, заключается в следующем. В г. Севастополе в 70-80-х годах прошлого столетия в проблемной научно-исследовательской лаборатории СВВМИУ (ныне ИЯЭиП Севастопольского государственного университета) проводились уникальные исследования серийных и корабельных электродвигателей при затоплении их водой. В результате этих исследований было установлено, что даже при незначительных конструктивных доработках корабельные асинхронные двигатели в течение 1-2-х часов способны работать в морской воде. Однако при этом они не могут нести полезную нагрузку, поскольку потери холостого хода двигателей в воде становятся соизмеримыми с их номинальной мощностью.

Так как поврежденные электрические обмотки, затопленные морской водой, практически не поддаются восстановлению, а время работы и полезная мощность затопленных серийных электродвигателей значительно ограничены, нерешённой частью общей проблемы явилась разработка других способов использования двигателей в жидких средах. В 80-е годы в России были созданы жидкозаполненные двига-

тели серии ГАП для подруливающих устройств атомных подводных лодок. Британская компания SEAEYE MARIN применила подобные технические решения двигателей в конструкциях телеуправляемых подводных аппаратов. Погружные электронасосные агрегаты "мокрого" и "сухого" типов изготавливаются фирмами "Атурия" (Италия), "Грундфос" (Дания) "КСБ" (Германия), "ОКБ БН-Коннас" (Россия) и применяются для откачки жидкости из скважин.

Отечественные и зарубежные идеи для решения проблемы подводной технологии электромеханического преобразования энергии заключаются в разработке трех основных типов электрических машин или их комбинаций [5-7]:

–«мокрые», с затапливаемой внутренней полостью, с применением специальной усиленной изоляции обмоток, предотвращающей их контакт с морской водой, и специальных подшипников;

–«маслонаполненные», с внутренней полостью, заполненной специальными изоляционными жидкостями (маслами), а так же со специальными уплотнениями вала и компенсаторами расширения жидкостей;

–«сухие», с использованием воздушной подушки во внутренней полости, и компенсаторами объёма.

Нерешённой частью общей проблемы является следующее. При погружении незащищённой электрической машины в морскую воду, обладающей хорошей электрической проводимостью, вода проникает внутрь корпуса и вступает в контакт с электрическими обмотками и вращающимися частями. Одновременно увеличивается момент сопротивления на валу работающей машины, содержащей вентиляционные крыльчатки, который компенсируется многократным увеличением электрического тока и сопровождается усиленным перегревом электрических обмоток. Вследствие перегрева разрушается электрическая изоляция обмоток, в них происходят межвитковые замыкания и обрывы. У коллекторных электрических машин происходит активное разрушение коллекторно-щёточного аппарата. Смазка подшипников вымывается, происходит усиленный износ подшипников. Время работы в морской воде зависит от типа незащищённой электрической машины и составляет не более 15-20 минут, после чего машина не подлежит восстановлению.

В машинах «мокрого» типа применение специальной усиленной изоляции обмоток приводит к снижению сечения стали и меди и ухудшению рабочих характеристик машины, в том числе вследствие появления дополнительного момента сопротивления на валу машины, вращающейся в жидкой среде. Специальные типы подшипников скольжения, работающих в морской воде, недостаточно надёжны. Без ухудшения характеристик машины, практически невозможно защитить железо статора и ротора от разрушения агрессивной морской водой. «Мокрые» электрические машины недолговечны, ненадёжны, ограничены машинами бесколлекторного типа, являются источниками электромагнитного поля.

В «маслонаполненных» машинах применение специальных изоляционных жидкостей и масел приводит к ухудшению рабочих характеристик вследствие дополнительного момента сопротивления на валу машины, вращающейся в жидкой среде. Для предотвращения вытекания жидкости, вследствие её температурного расширения, необходимо использовать специальные компенсаторы объёма, выравнивающие давление внутри и снаружи машины, и применять усиленное уплотнение вала. «Маслонаполненные» машины сложны в эксплуатации, являются источниками загрязнения окружающей среды при протекании масла.

Постановка задачи исследования. Научный анализ и прогнозы технологического развития указывают на то, что развитие перспективных подводных технологий электромеханического преобразования энергии может быть построено на основе инноваций и реконструкций промышленных электрических машин, в совокупности с

разработкой новых технических систем и устройств, обеспечивающих их работоспособность под водой в естественной воздушной среде.

Целью статьи является разработка основных принципов, способов и технических устройств, обеспечивающих работоспособность промышленных электрических машин в универсальных средах, что способствует повышению живучести, непотопляемости и эффективности кораблей, судов, подводных лодок и иных морских и береговых объектов.

Глубоководные технологии электромеханического преобразования энергии. Глубоководные технологии построены на принципах создания и поддержания динамической несжимаемой воздушной подушки, препятствующей проникновению воды во внутреннюю электрическую полость машины, при сохранении не снижающихся запасов воздуха для поддержания воздушной подушки [8-10]. Это достигается с помощью плотной полости, внутри которой расположена электрическая часть машины. При этом используются дополнительные уплотнения, системы и устройства для получения сжатого воздуха и регулирования его подачи в плотную полость.

В плотной полости, содержащей электрическую часть машины, поддерживают давление воздуха, равное внешнему давлению воды, рис.1. При этом снижается нагрузка на устройство уплотнения вала и повышается надёжность работы уплотнения. Внутри плотной полости предусматривается циркуляция воздуха (показано стрелками), с помощью которого осуществляется отвод теплоты, выделяющейся в электрических обмотках, и передача тепла через плотную оболочку в окружающую морскую воду. Плотная полость двигателя через устройство автоматики подключается к системе сжатого воздуха, содержащей воздушные трубопроводы, баллон сжатого воздуха и (или) компрессор.

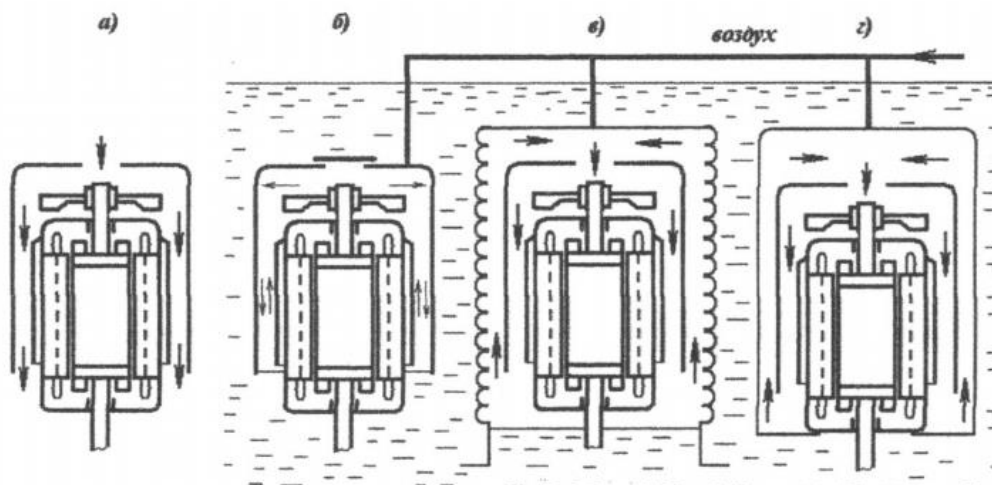


Рис. 1. Асинхронные двигатели с вентиляционным кожухом со степенью защиты IP44: а – в воздушной среде; б – в воде; в – с тубусом; г – с герметичным чехлом

Один из способов работы электродвигателя под водой, и техническое устройство для его реализации, поясняются на рис. 2. Электродвигатель 1 с магнитным уплотнением рабочего вала 2 установлен внутри плотной полости 3. Другой конец вала двигателя с помощью автоматической муфты 4 соединен с компрессором 5. Воздушный переключающий клапан 6 соединяет плотную полость с нагнетательным трубопроводом компрессора и с воздушным баллоном 7. Клапан травления 8 соединяет плотную полость с всасывающим трубопроводом компрессора.

При погружении плотной полости 3 давление воды снаружи полости становится больше давления воздуха внутри полости, возникает угроза разуплотнения рабочего вала 2, попадания воды внутрь плотной полости и затопления двигателя 1. В этом случае автоматически срабатывает переключающий клапан 6, который подаёт воз-

дух в плотную полость 3 из баллона 7. При выравнивании давления воздуха внутри плотной полости с наружным давлением воды переключающий клапан 6 закрывается, и подача воздуха прекращается. При всплытии плотной полости давление воздуха внутри полости 3 становится больше давления воды снаружи полости, при этом автоматически открывается клапан травления 8, включается муфта 4, которая приводит в действие компрессор 5 от работающего двигателя 1. Одновременно переключающий клапан 6 соединяет напорный трубопровод компрессора с воздушным баллоном 7, который пополняется воздухом из плотной полости 3.

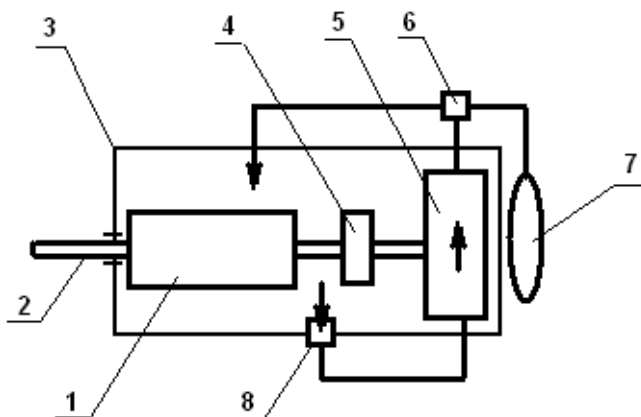


Рис.2. Работа электродвигателя под водой

Основные преимущества создаваемых образцов по сравнению с лучшими российскими и зарубежными аналогами: возможность длительной работы промышленных электрических машин под водой с возможностью их самовентилиации, при неограниченном числе циклов изменения глубины погружения (затопления-осушения); экономия сжатого воздуха и энергии для его получения; отсутствие демаскирующего фактора в виде «пузырькового следа» в воде.

Выводы. Последствия практического применения глубоководных технологий электромеханики заключаются в коренном улучшении живучести и непотопляемости судов, в повышении защищенности людей и технических средств от последствий аварии и угроз природного и техногенного характера, связанных с поступлением воды.

Разработка перспективных подводных технологий электромеханического преобразования энергии даст значимые результаты и для продукции специального и двойного назначения. К такой продукции можно отнести морские платформы для нефтедобычи, для получения солнечной и ветровой энергии на море, глубоководные аппараты для исследования мирового океана, технические средства для работы под водой, угольные шахты, глубинные скважины, строительные карьеры.

Применение предлагаемых решений приемлемо для существующих условий эксплуатации водоотливных средств, при этом в большинстве случаев предложенные технологии могут рассматриваться как технологическое и конструктивное дополнение к находящимся в эксплуатации техническим средствам.

Список литературы:

1. Бойко В. Н. Мартиролог погибших подводных лодок Военно-морского флота Отечества – Севастополь, 2012. – 164 с.
2. Скрыгин Л.Н. Тайны морских катастроф – М.: Транспорт, 1986. – 99 с.
3. Мохов А.В. Гидродинамическая эволюция пустотного пространства каменно-угольных шахт под влиянием затопления // Вестник южного научного центра РАН. - 2012. - Т. 8. №3. - С. 42-49.
4. Карелин В. Я., Минаев А. В. Насосы и насосные станции: Учебник для вузов. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва: Стройиздат, 1986. — 320 с.

5. Беляев Е.Ф., Цылев П.Н., Щапова И.Н. Погружные асинхронные электрические двигатели с улучшенными эксплуатационными характеристиками // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. - 2016. - Т.15 №18. - С.71–79. DOI: 10.15593/2224-9923/2016.18.8.
6. Кобылкин Н.И., Сухарский И.Н. Электронасос погружной. Патент на изобретение RU2374 496 С1, восстановлен. Оpubл. 20.11.2011 на CD-ROM: MIMOSA XRBI2009/33D XEBI200933D.
7. Кильдеев Р.И., Малов Е.В., Пийп А.А., Хомяк В.А., Шарашкин С.В. Подводный компрессор с прямым электроприводом. Заявка на изобретение: 2016145392. Опубликовано: 09.11.2017. Бюл. № 31.
8. Шайтор Н.М., Рясков Ю.И., Склярук В.Л. Погружной воздушнонаполненный электродвигатель вертикального исполнения. Патент на изобретение UA 101180 С2. Оpubл. 11.03.2013. Бюл. № 5.
9. Рясков Ю.И., Шайтор Н.М., Бужан В.Г., Склярук В.Л. Воздушнонаполненный самовентилируемый электродвигатель, охлаждаемый воздушной или жидкой средой. Патент на изобретение UA 102356 С2. Оpubл. 25.06.2013, Бюл. № 12.
10. Шайтор Н.М., Рясков Ю.И., Склярук В.Л. Самовентилируемый погружной электродвигатель. Патент на изобретение RU2 648 250 С2. Оpubл. 23.03.2018. Бюл. № 9.

**DEEPWATER TECHNOLOGY ELECTROMECHANICAL
ENERGY CONVERSION**

H.M. Shaytor¹, Yu.I. Ryaskov²

Sevastopol state University, Sevastopol, 299015, Russia,

e-mail: ¹Shaytor1950@mail.ru, ²rjaskoff@mail.ru

Abstract

The problems of flooding of electric machines on ships and underground structures during accidents and catastrophes are considered. The basic principles, methods and technical devices that ensure the performance of industrial electric machines in universal environments are proposed. Deep-water technologies are based on the principles of creating and maintaining a dynamic incompressible air cushion that prevents the penetration of water into the internal electrical cavity of the machine. The consequences of the practical application of deepwater technology electrical engineering are fundamental to improve the vitality and buoyancy of ships, to increase the protection of people and technical resources from the consequences of the accident and threats of natural and technogenic character related to the flow of water.

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ И КАЧЕСТВА ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ ПО МОДЕРНИЗАЦИИ СТЕН ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ

В.Т. Шаленный

*Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, Академия строительства и архитектуры, г. Симферополь, 295493, Россия,
e-mail: v_shalennyj@mail.ru*

Одновременно с увеличивающимися темпами нового строительства, существующий фонд жилых домов и объектов социально-бытового назначения в Российской Федерации продолжает стареть. При этом, в последнее время, несколько ослаблено внимание к проблемам состояния и реконструкции указанного жилого фонда, составляющего существенную часть национального богатства любого государства. Если не заниматься вопросами реконструкции таких объектов, то значительная их часть в недалёком будущем окажутся в ветхом, а затем и в аварийном состоянии. Сносить же такие, ещё вполне пригодные для проживания, дома и микрорайоны под новое высотное строительство могут себе позволить только такие уникальные регионы, как Москва. Ведь снос многоэтажных домов первых массовых серий потребовал создания там крупной индустрии по их утилизации [1, 2] с предварительным расселением обитателей обычно на относительно более выгодных условиях для последних. Поэтому в большинстве регионов РФ более актуальной остаётся менее капиталоемкая модернизация гражданских зданий первых поколений массовых серий по опыту реализации пилотных проектов в Подмосковье [3] и «санации» аналогичных объектов в восточной Германии [4].

В состав работ по модернизации существующих гражданских зданий массовой застройки обязательно включается комплекс работ по наружному утеплению с последующей отделкой, а иногда и по перепланировке, особенно их нижних этажей, с организацией там всевозможных объектов бытового и коммерческого назначения, например, тех же «хостелов», для законного функционирования которых теперь обязательно требуется и отдельный вход. Продолжаются научно-исследовательские, предпроектные и проектные работы, направленные на эффективную и безопасную реконструкцию гражданских зданий с многоэтажной пристройкой дополнительных площадей и объёмов [5]. Чтобы осуществить подобную перепланировку, очень часто необходимо запроектировать и осуществить работы по вырезанию крупноразмерных проёмов в несущих железобетонных или каменных стенах и перегородках. На безопасное и качественное выполнение указанных работ при модернизации стен гражданских зданий и направлены, освещаемые в настоящем докладе, наши инновационные конструктивно-технологические предложения.

1. Наружное утепление с усилением и отделкой стен. В качестве утеплителя мы предлагаем использование пеностекла, обладающего такими уникальными свойствами как долговечность, огнестойкость, возможности утилизации боя стекла как сырья [6, 7], а также скрыть элементы иногда необходимого стального или пластикового усиления существующих стен в виде штукатурных обоев для последующей долгосрочной эксплуатации реконструируемого объекта [8]. Для чего предпочтительней использование монолитного слоя пеностекла расчётной толщины, определяемой, прежде всего, из условий качественного выполнения требований современных более жестких норм термического сопротивления ограждающих конструкций.

Чтобы обеспечить безопасную организацию рабочих мест на высоте, нами предложено монтаж и демонтаж щитов мелко щитовой опалубки с приставных лесов, закрепляемых на стене при помощи специальных анкеров с обеспечением регулировки

положения и отклонения от вертикали резьбовыми соединениями (патент РФ на полезную модель №187378). На рис.1 представлена принципиальная схема закрепления лесов, щитов опалубки и регулирования их положения для достижения требуемого качества получаемой поверхности забетонированной конструкции утепления из гранул пеностекла, как крупного заполнителя.

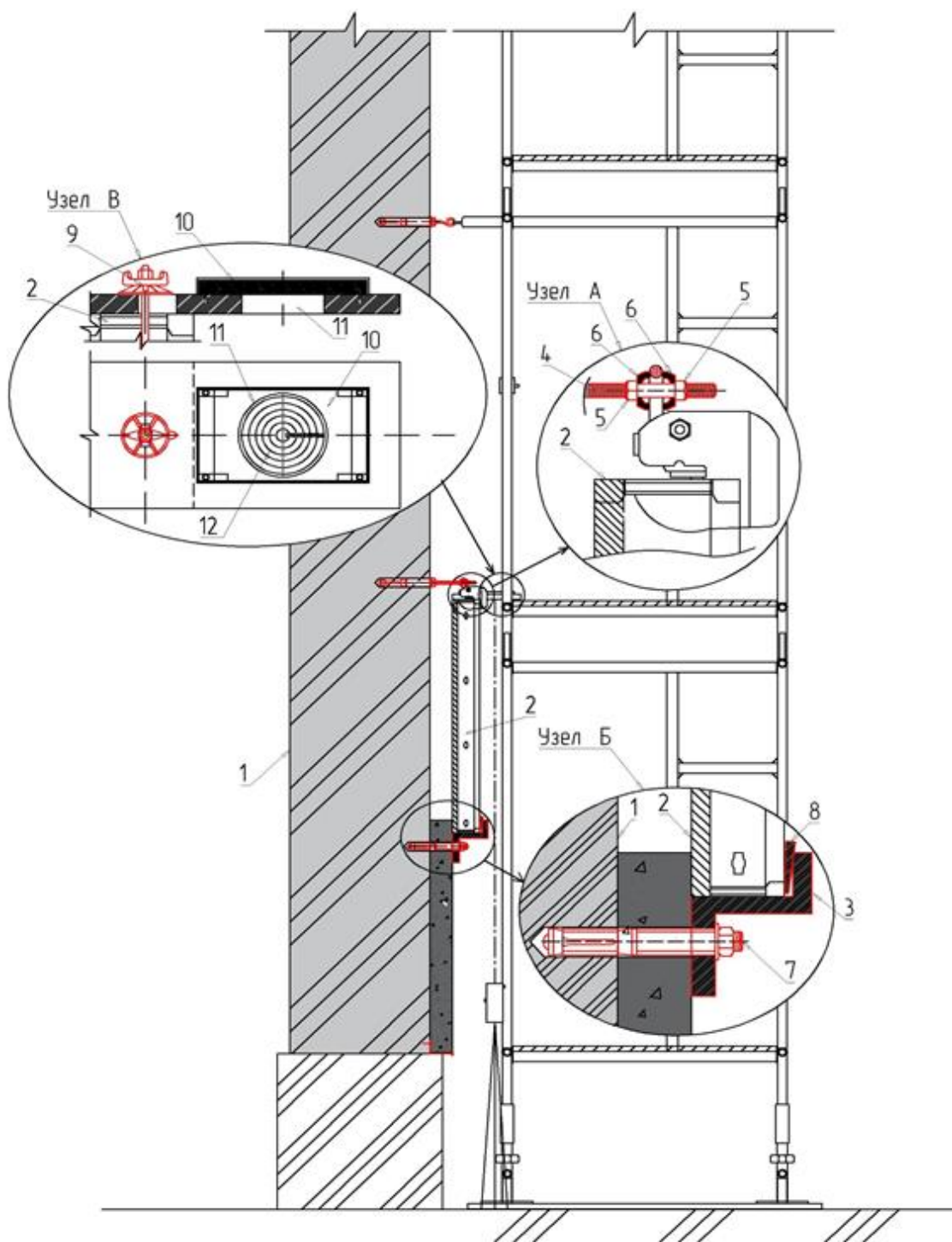


Рис. 1. Технологическая схема установки лесов, закрепления щитов (узлы А и Б), контроля (узел В) и регулирования их положения для бетонирования конструкции утепления из лёгкого бетона:
 1 - утепляемая стена; 2 - щит опалубки; 3 - нижний захват его крепления; 4 - верхний анкер с резьбой; 5 - регулировочные гайки с шайбами 6; 7 - нижний анкер, 8 - клиновой или винтовой зажим; 9 - винтовой зажим рамки; 10 - палетки 11 - с сеткой 12 - полярных координат

До начала бетонирования такой конструкции утепления можно (если это требуется по результатам технического обследования с разработкой соответствующего

проекта), на подготовленной поверхности стены, закрепить арматурную сетку или каркас её усиления в виде будущей железобетонной обоймы, а затем установить упомянутые плиты и, в образованную полость, уложить приготовленную смесь.

2. На смену отбойным молоткам и ручному инструменту для устройства больше размерных проёмов в несущих каменных и железобетонных стенах все чаще приходят алмазные технологии резки с использованием дисковых, а последнее время - и канатных пил с гидравлическим приводом и дистанционным управлением, размещённым за пределами опасной зоны [9]. Дальнейшее развитие представленной там технологии заключается в том, что сначала алмазная канатная пила закрепляется непосредственно на разрезаемой конструкции для выполнения нижнего горизонтального реза (как и предусмотрено инструкцией поставщиков). Этим достигается наиболее эффективное использование алмазной канатной пилы, а для последующих резов пилу устанавливают на предварительно смонтированных элементах рамы усиления (патент РФ на полезную модель №188949, [10], рис.2).

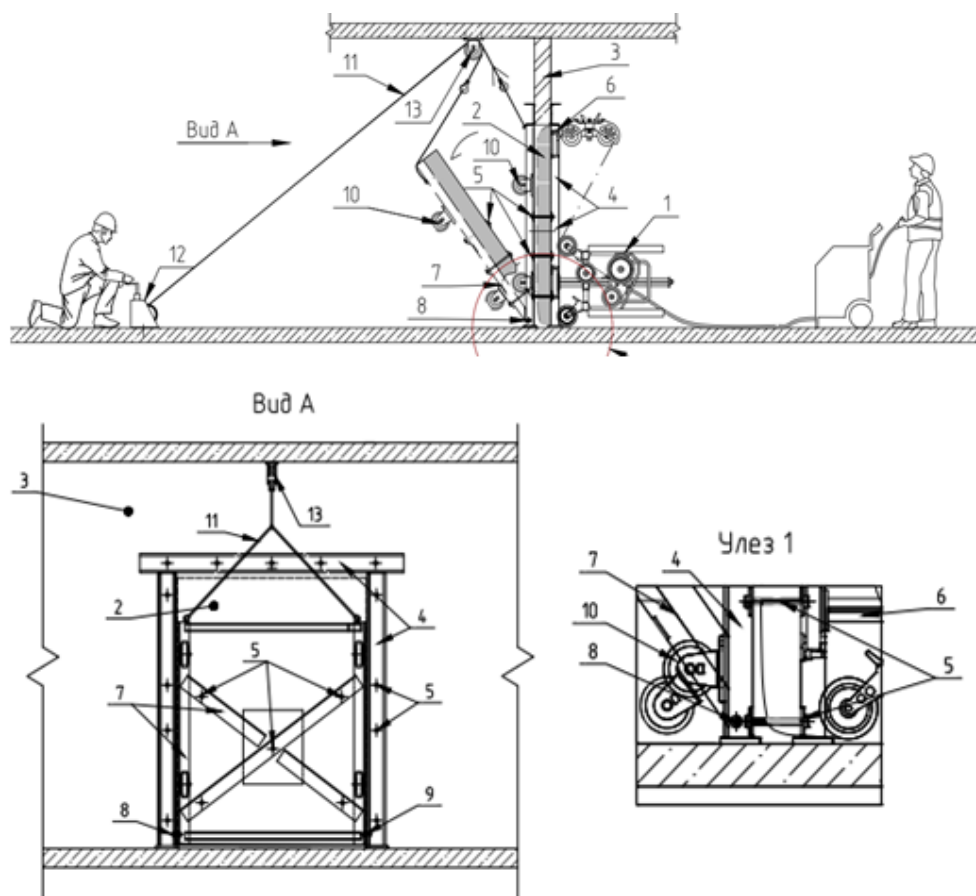


Рис. 2. Технологическая схема вырезания крупногабаритного проёма в несущей стене алмазной канатной пилой и безопасного кантования вырезанной части при помощи ручной лебёдки:

- 1 - натяжной узел канатной пилы алмазной резки; 2 - вырезаемая часть будущего проёма;
- 3 - несущая каменная или железобетонная стена; 4 - стальная рама усиления; 5 - винтовые соединения; 6 - обводной блок алмазной канатной пилы; 7 - поворотная платформа;
- 8 - шарнирный узел её крепления к раме 4; 9 - привод с пультом управления; 10 - катки;
- 11 - канат лебёдки 12 с обводным блоком 13

Чтобы не произошло случайное обрушение вырезаемой части проёма, эту часть фиксируют на поворотной раме с возможностью поворота (кантования) при помощи лебёдки, исключительно после выполнения всех проектных операций по резке. Чем технически и обеспечивается требуемая безопасность производства работ по устройству крупноразмерных проёмов в несущих каменных и железобетонных стенах. Кроме того, появляется возможность сокращения количества и длины резов, что по-

зительно сказывается на сроках и затратах ресурсов, прежде всего, расходных материалов, электроэнергии и воды.

Также повышается безопасность реконструкции зданий с устройством в несущих каменных и железобетонных стенах крупноразмерных проёмов, причём не только при выполнении перечисленных работ, но и при последующей длительной эксплуатации модернизированных перепланировкой строительных объектов - преимущественно жилых домов первых массовых серий крупнопанельного и крупноблочного домостроения.

Список литературы:

1. S. Taushunaev and M. Fachratov. Construction waste processing management and demolition of five-storey apartment blocks in Moscow /IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 365 (2018). 062013. doi:10.1088/1757-899X/365/6/062013.
2. P. Oleinik and T. Kuzmina. The stages of demolition of buildings of the first industrial generation IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 365 (2018). 062016 doi:10.1088/1757-899X/365/6/062016.
3. Булгаков, С.Н. Реконструкция жилых домов первых массовых серий и малоэтажной жилой застройки. М: ООО «Глобус», 2001. – 248с.
4. Соловьев В.Е. Опыт санации пятиэтажек в Германии //Строительные материалы, технологии и оборудование XXI века. - 2002. - №8. - С.28-29.
5. Y. Alexeev and A. Anufriev. Pre-project assessment of the renovation of five-storey buildings carrying out without demolition with relocation of the residents. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 365 (2018). 062029 doi:10.1088/1757-899X/365/6/062029.
6. Чебышев, М.В. Конструктивные особенности вентилируемого фасада с утеплителем из пеностекла //Жилищное строительство. – 2015. - №7. – С.27-28.
7. Шелихов, Н.С., Рахимов, Р.З. Производство и применение пеностекла в тепловой изоляции: учебное пособие /Н.С. Шелихов, Р.З. Рахимов. - Казань: Издательство Казанск. гос. архитект. - строит. ун-та, 2016. - 331с.
8. Шаленный, В.Т. Повышение конкурентоспособности утепления наружных стен пеностеклом путём развития их конструктивно-технологических решений // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2019. - №3-4. - С.33-36.
9. Шаленный, В.Т. Безопасная эксплуатация оборудования для алмазной резки железобетонных и каменных конструкций //Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2017. - № 9-10 (224225). – С.41-43.
10. Шаленный, В.Т. Усовершенствованная технология безопасного устройства большеразмерных проемов в каменных стенах алмазными канатными пилами // Технология и организация строительного производства. – 2019. - №1. – С.18 -21.

**INCREASE OF SAFETY AND QUALITY OF PRODUCTION OF WORKS
ON MODERNIZATION OF WALLS OF CIVIL BUILDINGS**

V.T. Shalenny

*Academy of Construction and Architecture of the Federal State Autonomous
Educational Institution of Higher Education «V.I. Vernadsky Crimean
Federal University», Simferopol, 295493, Russia, e-mail: v_shalenny@mail.ru*

Abstract

Two design and technological schemes for the safe reconstruction of load-bearing walls and partitions of multi-storey civil buildings are presented. The first is to insulate the exterior walls with monolithic concrete based on foam glass fillers, the second is to safely cut large-sized openings with diamond wire rope and circular saws with remote control.

УДК 621.6

СОРБЦИОННО-УДЕРЖИВАЮЩЕЕ СРЕДСТВО ЛИКВИДАЦИИ РАЗЛИВОВ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ НА ОСНОВЕ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Ю.Н. Шаплыгина¹, Т.Ф. Курочкина²

¹ГБПОУ АО «Астраханский государственный политехнический колледж»,
г. Астрахань, 414041, Россия, e-mail: shaplugina@yandex.ru

²ВГОУ ВПО «Астраханский государственный университет»,
г. Астрахань, 414000, Россия, e-mail: kyrtf@mail.ru

Одним из наиболее интенсивных источников загрязнения окружающей среды является нефтедобывающая и нефтеперерабатывающая отрасли. Серьезной экологической проблемой, возникающей в результате деятельности НГК, является ликвидация аварийных разливов нефти и нефтепродуктов (Н и НП), в результате которых происходит интенсивное загрязнение природной среды. Особое место занимает ликвидация аварийных разливов нефти и нефтепродуктов [1, 2].

В последнее время особое внимание уделяется развитию физико-химических методов ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов. К данным методам относятся использование химических реагентов и сорбентов.

Особую актуальность с точки зрения реальных и возможных биологических последствий приобретают исследования по созданию дешевых эффективных сорбирующих материалов широкого спектра действия с использованием доступного сырья природного и растительного типа как один из наиболее перспективных путей решения проблемы очистки воды [3].

Установлено, что тростник, рогоз, камыш, ирис и другие макрофиты способны поглощать из воды не только инертные соединения, но и физиологически активные вещества типа фенолов, пестицидов, нефти и нефтепродуктов, если, конечно, они не превышают летальные для растений концентрации.

Целью данной работы является разработка сорбционных материалов на основе растительного сырья, произрастающего на территории Астраханской области для очистки воды от нефтяного загрязнения.

Оценку эффективности применения биосорбента проводили методом моделирования нефтяного загрязнения поверхности воды. Всего было исследовано 8 растений, являющихся характерными для Астраханской области - ряска, тростник южный, верблюжья колючка, мята, ромашка лекарственная, горец птичий, полынь горькая, одуванчик. Образцы проб были собраны на территории Астраханской области в весеннее-летний период 2018 г.

Чтобы понять биосорбционные процессы при разливах нефти и определить наилучшие условия их удаления, проанализировали несколько факторов, которые могут влиять на течение этого процесса – размер частиц, время сорбции, массу необходимого биосорбента, влияние места отбора растений, а также влияние температуры и колебаний воды на действие сорбента.

Для анализа на способность к биосорбции растения высушивали, сушеную массу превращали в порошок, затем полученные молотые компоненты из растений разделяли на 3 фракции (частицы разного размера) по ГОСТ 16187-70 путем отсева сорбента через стандартные сита с размерами ячеек 1, 2, 3.

По результатам проведенных исследований получены следующие показатели:

Положительные результаты и сорбционные способности показали такие растения, как ряска (*Lemna minor*), тростник южный (*Phragmites australis*), верблюжья колючка (*Alhagi*), мята перечная (*Mentha piperita*).

Такие растения, как ромашка лекарственная (*Matricaria chamomilla*), горец птичий (*Polygonum aviculare*), полынь горькая (*Artemisia absinthium*), одуванчик (*Taraxacum*) оказались инертными по отношению к нефтяному загрязнению.

В опытах с образцами мяты перечной выявлено, что мята, является прекрасным сорбционным материалом по отношению к нефти. Она за 3 минуты впитывает в себя испытуемый образец нефти.

Опыты по исследованию сорбционной способности тростника южного и верблюжьей колючки по отношению к нефтяному загрязнению показали, что данные растения по отдельности не обладают сорбционными свойствами по отношению к нефтяному загрязнению и только в совокупности сказывается положительное действие.

Экспериментальные работы показали, что важным также является как соотношение компонентов в биосорбенте, так и время, и последовательность добавления биосорбентов. Оценка соотношения дозы биосорбентов показала, что максимальное очищение воды от нефтяного загрязнения достигалось при соотношении компонентов листьев тростника южного и верблюжьей колючки в пропорции по отношению к нефтяному загрязнению 0,5:0,3:1 при внесении верблюжьей колючки через 3 минуты после внесения тростника южного.

Исследование сорбционной способности образцов ряски показало, что она обладает положительными сорбционными свойствами по отношению к нефтяному загрязнению и может быть использована в качестве биосорбента при загрязнении нефтью даже в количестве 10 мл нефти / 100 мл воды. Время сорбции составило 1 мин., что является самым лучшим показателем из всех исследуемых растений.

Оценка влияния различных частиц указывает на важность учета размера частиц и его роль на очищение воды от нефти. Сорбционная емкость частиц различных размеров, располагается в следующем порядке $\phi_3 > \phi_2 > \phi_1$. Снижение сорбционной емкости нефти с уменьшением размера частиц связано с налипанием последних друг на друга, в результате снижается количество существующих пор и капилляров у сорбционных материалов.

Результаты по оценке влияния места отбора растений показали, что место отбора растений не имеет принципиального значения для осуществления биосорбционного процесса.

Сорбционная емкость может влиять на взаимодействие между нефтью и сорбентом. Из полученных результатов мы отметили, что, сорбционная емкость возрастает с увеличением веса сорбента. Эффективная очистка была достигнута при использовании 0,7 г биосорбента для удаления 10мл нефти. Дальнейшее увеличение веса сорбента не влияло на повышение эффективности протекания изучаемого процесса.

В результате изучения влияния времени процесса сорбции на биосорбционный процесс выявлено, что после одной минуты эксперимента, нефтяное загрязнение исчезает. Это может быть связано со снижением вязкости нефти, используемой в эксперименте, и или качественными характеристиками биосорбентов.

Температура воды оказывает влияние на действие биосорбента. Установлено, что в присутствии льда сорбент не работает, следовательно, применение данного биосорбента возможно только в летнее время года.

Моделирование волновых колебаний с помощью магнитной мешалки (min - max уровень) при изучении действия биосорбента на нефтяное загрязнение, показало, что биосорбент работает даже при неровной и подвижной поверхности зеркала воды.

Вместе с тем, в ходе экспериментов по выявлению сорбционных способностей высших растений, произрастающих на территории Астраханской области и условий их функционирования, во избежание вторичного загрязнения биосферы нефтяными углеводородами, нами был разработан способ утилизации отработанного биосорбента.

Способ утилизации отработанного биосорбента состоит из нескольких этапов:
– сбор отработанного биосорбента с поверхности воды;
– отделение избытка воды от смеси биосорбента и нефти с помощью сепарации и ее первичная и вторичная очистка от остатков нефтяного загрязнения;
– отделение избытка нефти от биосорбента методом центрифугирования;
– изготовление топливных брикетов;

Таким образом, материалы исследования рекомендуется использовать для разработки биотехнологических методов очищения воды от нефтяного загрязнения.

Биосорбент на основе растительного сырья целесообразно использовать для первичной очистки водотоков дельты р. Волги от нефтяного загрязнения с целью восстановления водных экосистем, оздоровления водоемов, улучшения их санитарно-гигиенического состояния, а также для благоустройства водных объектов.

Доступность биосорбентов на основе растительного сырья дает возможность его применения любым человеком в качестве экспресс-метода очистки до приезда спец. служб, для предотвращения гибели гидробионтов, птиц и домашних животных.

Во избежание вторичного загрязнения биосферы нефтяными углеводородами отработанный биосорбент 100 % может быть утилизирован и превращен в топливные блоки.

Список литературы:

1. Voening, D.W. An evaluating of bivalves as biomonitors of heavy metals pollution in marine waters / D.W. Voening // *Environmental monitoring and assessment*. – 1999. – Vol.55. – P. 459–470.
2. Ravera, O. Seasonal variations in metal content of two *Unio pictorum* mancus (Mollusca, Unionidae) populations from two lakes of different trophic state / O. Ravera, G.M. Beone, P.R. Trincerini, N. Riccardi // *J. Limnol.* – 2007. – Vol.66. – P. 28–39.
3. Журавель, В.И. Средства морского и берегового обеспечения предупреждения и ликвидации аварийных разливов углеводородов в условиях замерзающих морей / В.И. Журавель, М.Н. Мансуров, А.В. Маричев // *Труды конференции «Управление рисками и устойчивое развитие единой системы газоснабжения России*. – М. - 2006. – С. 449–454.
4. Курочкина, Т.Ф. Мониторинг экосистемы дельты Волги / Т.Ф. Курочкина, А.Л. Калабеков, Д.В. Седакин. – М.: типография Россельхозакадемии. – 2001. – 236с.
5. Семанов, Г.Н. Разливы нефти в море и обеспечение готовности к реагированию на них / Г.Н. Семанов // *Журн. Транспортная безопасность и технологии*. СПб, ЗАО ЦНИИМФ. – 2005. №2.

SORPTION AND RETENTION TOOL FOR ELIMINATING SPILLS OF OIL AND OIL PRODUCTS BASED ON VEGETABLE RAW MATERIALS

Y.N. Shaplygina¹, T.F. Kurochkina²

¹*Astrakhan state Polytechnic College, Astrakhan, 414041, Russia,
e-mail: shaplugina@yandex.ru*

²*Astrakhan state University, Astrakhan, 414041, Russia,
e-mail: kyrtf@mail.ru*

Abstract

In this paper, the possibility of creating sorption materials based on vegetable raw materials for water purification from the spectrum of toxic substances is investigated. As a sorbing material, crushed vegetable raw materials from the southern cane and camel thorns has accumulating properties.

МОДЕЛЬ РАЗДЕЛЕНИЯ СУСПЕНЗИЙ В ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ФИЛЬТРАХ

Е.Ю. Шарай, В.А. Девисиллов

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет), г. Москва, 105005, Россия
e-mail: e9.sharay@yandex.ru

К настоящему времени отсутствует методика расчета характеристик разделения суспензий в гидродинамических фильтрах с вращающимся фильтрующим элементом (рис. 1). Имеется ограниченное число работ, в которых описаны механизмы, реализуемые в гидродинамическом самоочищающемся фильтре [1], и выполнены численные расчеты на основе уравнений Навье-Стокса и многофазной модели Лагранжа [2]. Однако все они основаны на детерминированных моделях, которые могут давать погрешности в вычислениях, так как не учитываются вероятностно-статистические явления.

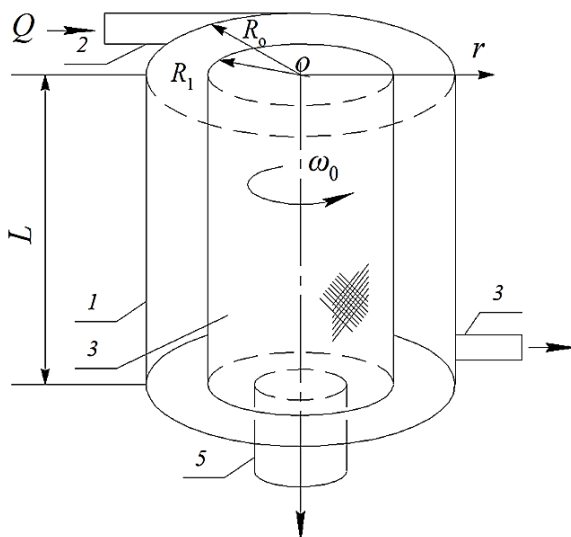


Рис. 1. Схема течения в гидродинамическом фильтре:
1 – корпус фильтра; 2 – входной патрубок; 3 – фильтрующий элемент; 4 – патрубок концентрата загрязнений; 5 – патрубок очищенной жидкости

Гидродинамические процессы разделения, как и любые другие процессы переноса, имеют стохастическую природу, и в их основе лежат, как детерминированные, так и вероятностно-статистические явления. Определяя стохастические составляющие процесса, будем полагать, что в рабочем канале фильтра имеет место квазиустановившееся стохастическое движение частиц дисперсной фазы, которое соответствует теории случайных марковских процессов [3-5].

Тогда основная задача теоретических исследований будет заключаться в выводе явного выражения для некоей функции распределения, характеризующей состояние системы на гидродинамической стадии ее эволюции, а также в получении зависимостей, определяющих параметры системы. Считаем разделяемую дисперсную систему малоцентрированной.

Введем в рассмотрение два теоретических параметра, определяющих разделяющую способность зоны тангенциального ввода гидродинамического фильтра в первом приближении:

$$\delta_{0g} = \frac{3}{D} \sqrt{\frac{\mu_f k_\gamma Q}{\pi L (\rho_p - \rho_f)}} R_0^n, \quad \delta_{1g} = \frac{3}{D} \sqrt{\frac{\mu_f k_\gamma Q}{\pi L (\rho_p - \rho_f)}} R_1^n,$$

где Q – расход загрязненной жидкости;

μ_f – динамическая вязкость дисперсионной среды;

ρ_f и ρ_p – плотность среды и частиц соответственно;

L – высота фильтрующего элемента;

D, n – некоторые известные постоянные;

R_1 – радиус внутренней поверхности цилиндрического корпуса фильтра;

R_0 – радиус наружной цилиндрической стенки вращающегося фильтрующего элемента;

$k_\gamma = k_\gamma(Q)$ – постоянный коэффициент, определяющий для заданного расхода Q

эффективное осредненное изменение радиального потока в рабочей части аппарата.

Теоретические параметры δ_{0g} и δ_{1g} характеризует нижний граничный размер крупности частиц, способных улавливаться на внутренней стенке корпуса аппарата и верхний граничный размер крупности частиц, способных поступать на фильтрующую перегородку аппарата, соответственно.

Однако каждый из представленных параметров, пригоден только для проведения оценочных расчетов, поскольку все они были получены в идеализированных условиях в рамках целого ряда упрощающих допущений, в том числе исключающих влияния интенсивности случайных составляющих, которая в рассматриваемых условиях может достигать уровня 20-30% от интенсивности детерминированных составляющих процесса. В результате, расчет значений граничного зерна разделения не всегда однозначен, поскольку определяется не только крупностью частиц и свойствами разделяемой дисперсной фазы, но и свойствами дисперсионной среды. Указанные обстоятельства могут приводить к существенным погрешностям, что требуют более детального рассмотрения процессов поведения дисперсионной среды в зоне тангенциального ввода аппарата.

Для этого воспользуемся математической моделью на основе уравнений гидродинамики Навье-Стокса с многофазной моделью Эйлера. При этом ограничимся рассмотрением высоковязких сред, т.к. в вязких средах доля случайных процессов пренебрежимо мала, и можно воспользоваться детерминированным подходом.

Многофазная модель Эйлера в общем виде может быть записана системой уравнений:

$$\begin{aligned} \frac{\partial(r_\alpha \rho_\alpha)}{\partial t} + \nabla \cdot (r_\alpha \rho_\alpha \mathbf{U}_\alpha) &= F_{MS\alpha} + \sum_{\beta=1}^{N_p} \Gamma_{\alpha\beta}, \\ \frac{\partial(r_\alpha \rho_\alpha \mathbf{U}_\alpha)}{\partial t} + \nabla \cdot (r_\alpha [\rho_\alpha \mathbf{U}_\alpha \otimes \mathbf{U}_\alpha]) &= -r_\alpha \nabla p_\alpha + \nabla \cdot (r_\alpha \mu_\alpha [\nabla \mathbf{U}_\alpha + (\nabla v_\alpha)_{Tr}]) + \\ &+ \sum_{\beta=1}^{N_p} (\Gamma_{\alpha\beta}^+ \mathbf{U}_\beta - \Gamma_{\beta\alpha}^+ \mathbf{U}_\alpha) + F_{M\alpha} + F_\alpha, \\ \sum_{\alpha=1}^{N_p} r_\alpha &= 1, \\ p_\alpha &= p \text{ для всех } \alpha = 1, 2, \dots, N_p, \end{aligned}$$

где r_α – объёмная доля фазы α ;

N_p – суммарное количество фаз в системе;

ρ_α – плотность фазы α ;

\mathbf{U}_α – скорость фазы α ;

$F_{MS\alpha}$ – дополнительный источник масс;

$\Gamma_{\alpha\beta}$ – массовый расход при межфазном переносе от фазы β к фазе α , отнесённый к единице объёма;

t – время;

μ_α – динамическая вязкость фазы α ; p_α – давление в фазе α ;

Tr — индекс, обозначающий оператор транспонирования матрицы;

$F_{M\alpha}$ – источниковый член, обусловленный действием внешних сил;

F_α – межфазные силы, действующие на фазу α со стороны других фаз;

$(\Gamma_{\alpha\beta}^+ U_\beta - \Gamma_{\beta\alpha}^+ U_\alpha)$ – член, отражающий передачу импульса при межфазном переносе массы.

При численном решении данной системы определена эффективность сепарации частиц η в рабочей зоне гидродинамического фильтра в зависимости от вязкости среды и диаметра частиц d плотностью 2500 кг/м^3 (рис. 2).

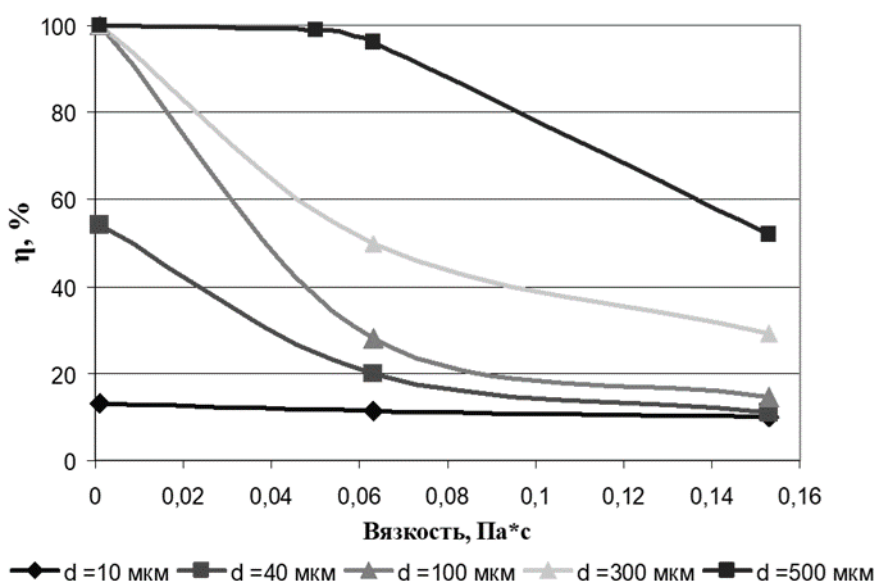


Рис. 2. Эффективность сепарации частиц η в рабочей зоне гидродинамического фильтра в зависимости от вязкости среды и диаметра частиц d при частоте вращения фильтровальной перегородки 5 Гц

На основании полученных результатов, установлено, что определяющими параметрами процесса сепарации частиц в гидродинамическом фильтре являются не только конструктивные параметры, но и свойства разделяемой дисперсной системы – μ_f , ρ_f и ρ_p . Так при меньшей вязкости очищаемой среды эффективности сепарации выше, при прочих равных условиях (рис. 2).

Работа выполнена по государственному заказу Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (№ 10.7766.2017/8.9)

Список литературы:

1. Девисилов В.А., Шарай Е.Ю. Гидродинамическое фильтрование // Безопасность в техносфере. – 2015. – Т. 4, № 3. – с. 68–80. DOI: 10.12737/11885
2. Devisilov V.A., Sharai E.Y. Particle separation in an annular converging channel with an inner rotating permeable baffle // High Temperature. – 2018. – Vol. 56. – no. 4. – pp. 576-580. DOI: 10.31857/S004036440002713-8
3. Финкельштейн З.Л. Применение и очистка рабочих жидкостей для горных машин. – М.: Недра, 1986. – 232 с.
4. Терновский И.Г., Кутепов А.М. Гидроциклонирование. – М.: Наука, 1994. – 350 с.

5. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Т.1. Механика – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. – 560 с.

**THE MODEL OF SEPARATION OF SUSPENSIONS
IN THE HYDRODYNAMIC FILTERS**

E.Yu. Sharai, V.A. Devisilov

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia

e-mail: e9.sharay@yandex.ru

Abstract

The possibility of using the numerical method for calculating the characteristics of suspension separation in hydrodynamic filters based on the Euler multiphase model has been theoretically demonstrated. The defining parameters of the separation process in hydrodynamic filters with a rotating filter element are determined. The influence of the property of the separated disperse system on the efficiency of particle separation by a centrifugal mechanism is established.

УДК 504.455

ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ВОЛГОГРАДСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В ПОДЛЕДНЫЙ (ЗИМНИЙ) ПЕРИОД

Е.А. Шашуловская, С.А. Мосияш

*Саратовский филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии», Саратов, 410002, Россия,
e-mail: shash.elena2010@yandex.ru*

Важнейшей проблемой экологического мониторинга водных экосистем является определение и количественная оценка элементов гидрологического режима, обусловливающих структурно-функциональные особенности конкретных экосистем, ключевым из которых является динамика водообмена [1].

В зимний период водохранилища Нижней Волги покрываются льдом. Ледостав длится, как правило, с декабря по II декаду апреля. В подледный период прекращается внешний газообмен водных масс, резко уменьшается гидродинамическая активность, температура достигает минимальных значений, а плотность – максимальных. Минимизируются внутриводоемные процессы, замедляется окисление растворенных и седиментация взвешенных веществ. Из составляющих антропогенной нагрузки практически исключается склоновый сток (диффузные источники загрязнения), в то же время объем сточных вод от точечных источников загрязнения не снижается.

Цель настоящей работы – оценка динамики гидрохимического режима Волгоградского водохранилища в подледный период в зависимости от изменения водного стока в течение 8-летнего периода.

Исследования гидрохимического режима Волгоградского водохранилища проводили в период 2011-2019 гг. в зимний (декабрь - февраль) и вегетационный (с апреля по ноябрь) периоды по показателям рН, кислородного режима, солевого состава, биогенных и органических веществ. Пробы отбирали на русловых и литоральных участках верхней и средней зон водохранилища. Анализ воды выполняли по стандартным методикам [2]. Объем водного стока через плотину Волжской ГЭС рассчитывали по данным [3].

Коэффициенты корреляции между исследуемыми величинами приведены для уровня значимости $p < 0,05$.

Объем зимнего стока за период 2011-2019 гг. колебался в пределах 38,1 - 62,8 км³, а объем весеннего паводкового стока за этот же период – 65,5 - 127,4 км³. Максимальный подъем воды в весенний период зарегистрирован в 2013 и 2016 гг., зимний – в 2013 и 2018 гг. Минимальные значения стока – зимнего и паводкового отмечены в 2011 и 2015 гг. (рис. 1 А).

Величина паводкового стока значительно выше, чем зимнего, но их динамика за исследуемый период происходила с высоким коэффициентом корреляции ($r=0,78$). Можно отметить тенденцию увеличения весеннего стока, хотя статистически она не доказана.

Вода Волгоградского водохранилища по общепринятой классификации [4] среднеминерализованная, умеренно жесткая, гидрокарбонатного класса группы кальция. В исследуемые годы средние значения жесткости колебались зимой в пределах 3,5-4,7 °Ж, в вегетационный период ее величина снижалась до 3,3-3,8 °Ж. Содержание других показателей солевого состава воды: кальция, щелочности, сульфатов - в зимний период также было несколько выше, чем в вегетационный, за исключением хлоридов, концентрация которых незначительно менялось по годам и сезонам.

Из компонентов солевого состава только сульфаты обнаруживают высокую отрицательную корреляционную зависимость от величины зимнего водного стока за исследуемый период ($r=-0,82$). Для жесткости воды (рис.1Б), содержания кальция и хлоридов характерна отрицательная достоверная связь с величиной стока в паводок ($r = -0,68-0,76$). В целом, за исследуемые годы уровень солевого состава воды водохранилища стабилен.

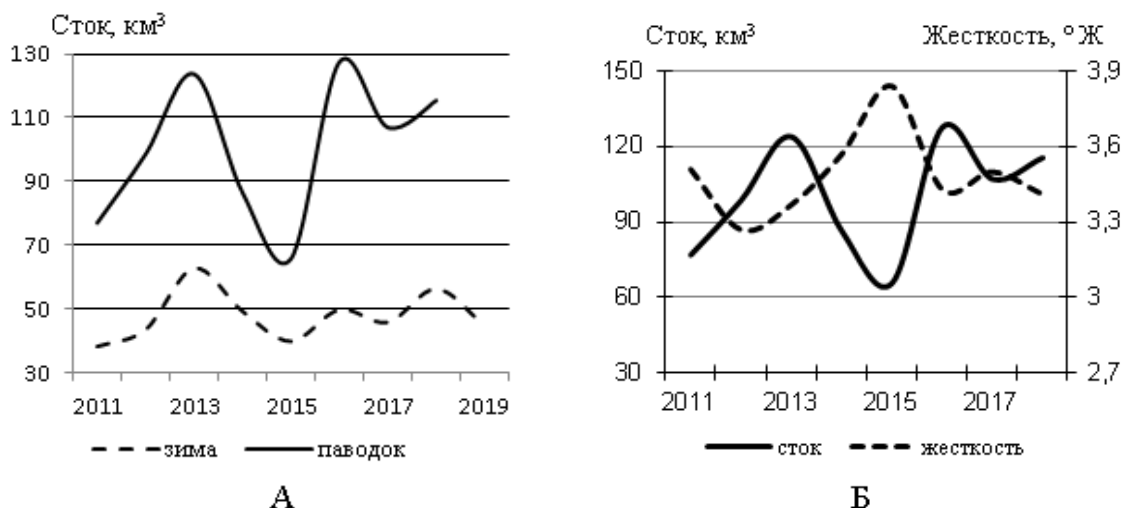


Рис. 1. Динамика стока в зимний и паводковый периоды 2011-2019 гг. (А), колебания объема водного стока и средневегетационной величины жесткости в паводковый период (Б)

Величина рН варьировала в подледный период от 7,6-8,3, содержание кислорода не снижалось ниже 9,4 мг/дм³ (68 % насыщения).

Рассмотрим зависимости содержания органического вещества и биогенных элементов от объема водного стока в зимний период.

Величины цветности и перманганатной окисляемости (ПО), главным образом, характеризуют органическое вещество (ОВ) аллохтонного происхождения. По величине бихроматной окисляемости (ХПК) судят о содержании общего ОВ. Коэффициент корреляции между этими показателями варьирует в пределах 0,83-0,88. Наиболее сильная связь отмечена между величинами зимнего стока и цветности воды ($r=0,996$) (рис.2А). Динамика общего органического вещества изменяется синхронно с величинами стока и ПО (рис. 2Б). Очевидно, органическое вещество в зимний период в основном представлено гуминовыми и фульвокислотами, определяющими окраску воды.



Рис. 2. Синхронная динамика зимнего стока с цветностью (А), ПО и ХПК (Б)

Цветность воды увеличивается одновременно с объемом зимнего стока в 2013 и 2018 гг. Значительное возрастание величины окисляемости воды отмечено только в 2013 году, в последующие годы колебания этих показателей были незначительны и тренда изменения концентрации органического вещества не отмечено.

Содержание легкоокисляемого органического вещества по показателю БПК₅ колебалось в зимний период исследуемых лет в пределах 1,6-4,1 мгО₂/дм³ независимо от величины водного стока и других показателей содержания ОВ. В связи с тем, что окислительные и биопродукционные процессы в зимний период минимальны, можно предположить, что величина этого показателя определялась антропогенным источником.

В вегетационный сезон при увеличении численности и биомассы организмов планктона на динамику органического вещества в водоеме оказывают влияние биопродукционные и минерализационные процессы. В это время изменяется характер зависимости между показателями содержания различных групп ОВ. Цветность воды обуславливается привнесом гумусовых веществ с терригенным стоком и связана с величиной паводкового стока ($r=0,87$), зависимость между цветностью и перманганатной окисляемостью также высокая ($r=0,91$), тем не менее, величина ПО обусловлена паводковым стоком только на 25% ($R^2=0,25$). В количественное содержание этой группы веществ в вегетационный период вносят вклад процессы образования автохтонного органического вещества [5].

Несмотря на низкий уровень биопродукционных процессов в зимний период, значения указанных показателей выше, чем в вегетационный.

Содержание основных биогенных элементов – минеральных соединений фосфора и азота – также в зимний период существенно выше (рис. 3 А,Б).

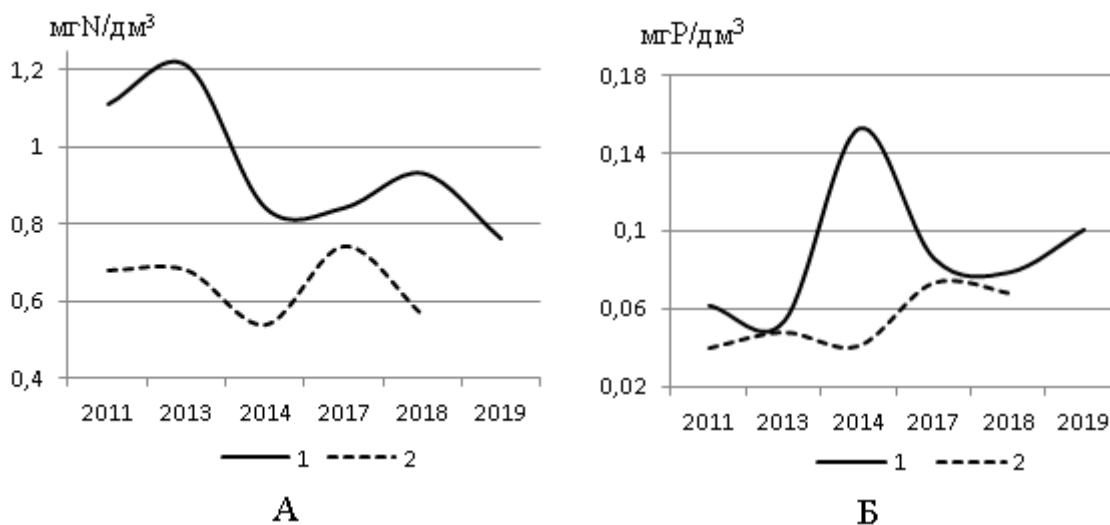


Рис. 3. Содержание в зимний (1) и вегетационный (2) периоды соединений минерального азота (А) и минерального фосфора (Б)

За исследуемые годы, как в зимний, так и вегетационный периоды наблюдаются тренды концентраций этих элементов: для суммарного минерального азота отрицательный, для минерального фосфора положительный. В динамике соединений азота статистически значимо уменьшение концентраций зимой ($R^2=0,62$), фосфатов – значимый положительный тренд в вегетационный период ($R^2=0,68$). На рис. 4 представлена зависимость динамики этих показателей от водного стока. Содержание суммарного азота изменяется синхронно с величиной зимнего водного стока, причем максимальные концентрации в 2013 году за счет аммонийного азота, а в 2018 году – за счет нитратов. Концентрация фосфатов изменяется почти в противофазе (рис.4 Б), хотя статистически значимая связь между этими показателями не доказана.

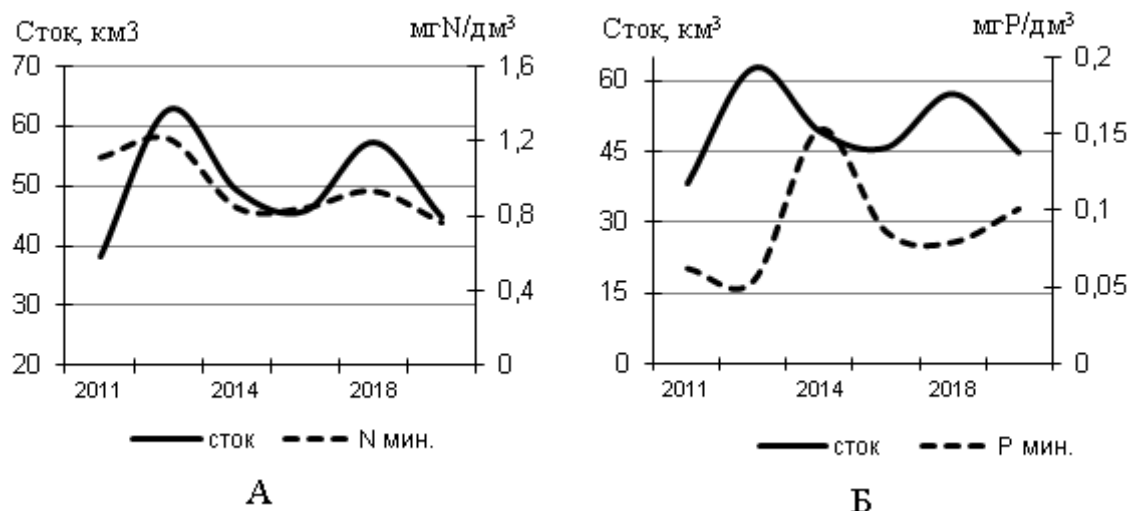


Рис.4. Многолетняя динамика в зимний период величин водного стока и минерального азота (А), минерального фосфора (Б)

Среднее содержание железа и кремния, вторых по значимости для биологической продуктивности биогенных элементов, в зимний период исследуемых лет колебалось в пределах 0,14 - 0,51 и 3,1- 4,8 мг/дм³ соответственно. Максимальные концентрации железа и кремния отмечены в год наибольшего зимнего стока (2013 г.). Для железа характерны корреляционные отношения с цветностью воды (рис.5 А,Б).

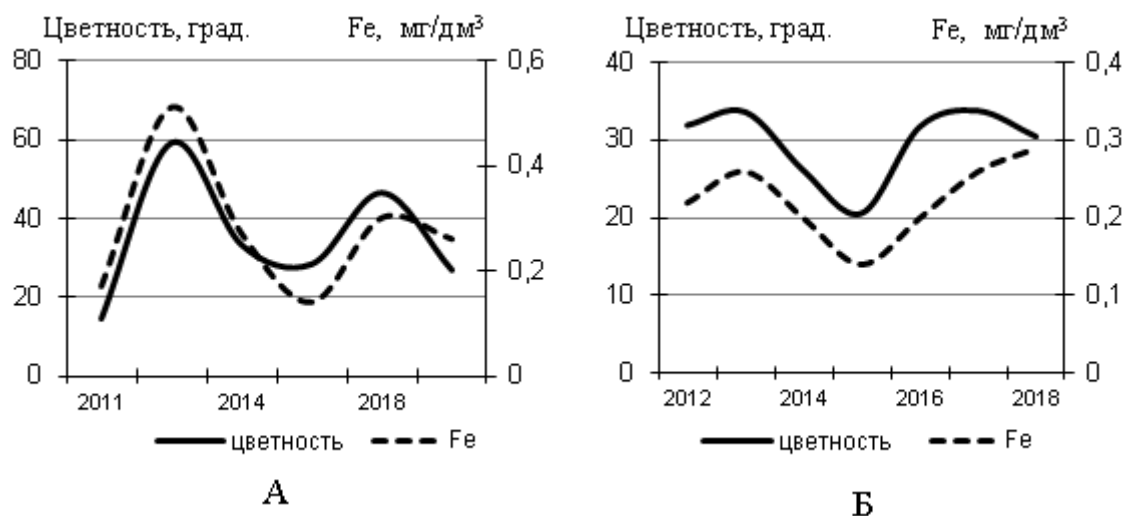


Рис.5. Многолетняя динамика цветности воды и железа в зимний (А) и вегетационный (Б) периоды

Таким образом, величина водного стока в подледный период является ведущим гидрологическим фактором, определяющим содержание большинства гидрохимических компонентов: органического вещества, азота, сульфатов, железа, кремния. Полученные зависимости, описывающие влияние водного стока на содержание гидрохимических компонентов экосистемы Волгоградского водохранилища, позволяют прогнозировать их концентрации в связи с изменением водного баланса. Отсутствие зависимости количества некоторых соединений от величины водного стока указывает на их антропогенное происхождение. Влияние водного стока на содержание органических и биогенных веществ, определяющих трофику водной экосистемы, дает возможность управления состоянием экосистемы на основе регулирования важнейшими элементами гидрологического режима.

Список литературы:

1. Тимченко В.М. Экологическая гидрология водоемов Украины. – Киев, Наук. думка, 2006.- 384 с.
2. Реестр методик количественного химического анализа и оценки состояния объектов окружающей среды, допущенных для государственного экологического контроля и мониторинга (ПНД Ф). Режим доступа: <http://fcao.ru/metodiki-kkha.html> (дата обращения: 01.12.2015).
3. <http://www.volges.rushydro.ru>
4. Алекин О.А. Основы гидрохимии. - Л.: Гидрометеиздат, 1970. - 443 с.
5. Шашуловская Е.А. Гидрохимические основы биологической продуктивности в замыкающих водохранилищах Волжского каскада / Е.А. Шашуловская, С.А. Мосияш, И.Г. Филимонова, Л.В. Гришина, Е.Г. Кузина // Труды Зоологического института РАН, 2016.- Т. 320, №3. - С. 367-376.

**THE HYDROCHEMICAL REGIME OF THE VOLGOGRAD RESERVOIR
IN THE SUB-ICE (WINTER) PERIOD**

Е.А. Shashulovskaya, S.A. Mosiyash

Saratov branch of Russian Federal «Research Institute of Fisheries and Oceanography», Saratov, 410002, Russia, e-mail: shash.elena2010@yandex.ru

Abstract

The dynamics of the hydrochemical regime of the Volgograd reservoir in the under-ice period due to fluctuations in winter water flow in 2011–2019 are considered. Revealed correlation relationship of the volume of winter water flow with the values of organic matter, nitrogen, sulfate, iron, and silicon. The obtained dependences will allow to predict the concentration of certain ingredients due to changes in the water balance in the winter.

УДК 574.64

**ТОКСИКОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ТИОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ
МЕТОДАМИ БИОТЕСТИРОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ КОМПЛЕКСА
[FE(II) – ТИОФОСФАТ НАТРИЯ]**

В.О. Швыдкий¹, Е.В. Штамм², С.О. Травин², Л.Н. Шишкина¹, Ю.И. Скурлатов²

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля РАН, г. Москва, 119334, Россия,
e-mail: slavuta58@gmail.com, shishkina@sky.chph.ras.ru

² Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химической физики им. Н.Н. Семенова РАН, г. Москва, 119334, Россия,
e-mail: yskurlatov@gmail.com, ekochem@yandex.ru, travinso@yandex.ru

Широкомасштабное изменение внутриводоемных химико-биологических процессов, связанное с глобальным изменением климата и техногенной нагрузкой, делает особенно актуальным применение методов биотестирования для контроля качества водной среды.

Биотестирование как метод интегральной оценки качества воды является наиболее адекватной интегральной характеристикой токсических свойств питьевых, природных и сточных вод. Для количественной токсикологической оценки проб воды, как правило, используются 2-3 тест-объекта из разных звеньев трофической цепи.

Результаты биотестирования поверхностных водных объектов юга России показали, что пробы воды многих водных объектов проявляют острую и/или хроническую токсичность в отношении тест-организмов разных трофических уровней при уровне загрязнения воды по гидрохимическим показателям, не превышающем допустимых пределов по нормируемым показателям, принятых в системе гидромониторинга [1 -4].

Особенно высокий уровень токсичности наблюдался в районе сбросов сточных вод городских очистных сооружений, а также проб воды из придонных слоев и вытяжек из донных отложений. Корреляции с данными химического анализа, за исключением БПК₅, выявлено не было, связи уровня токсичности с комплексным показателем загрязненности водной среды, также не выявлено.

Ранее нами была отмечена токсичность воды водоемов, подверженных «цветению» синезеленых водорослей, при прогреве до 18-20°C и выше, связанная с появлением в воде неконтролируемых водорастворимых соединений восстановительной природы, эффективно взаимодействующих с пероксидом водорода и устойчивых к окислительному действию растворенного в воде кислорода [5]. Позже подобные вещества-восстановители, титруемые пероксидом водорода, были обнаружены нами и в донных отложениях [6], и в городских сточных водах [7], и в производственных сточных водах, в частности, в сточных водах целлюлозно-бумажного производства [8, 9].

Ряд косвенных данных свидетельствуют о том, что восстановители, обладающие высокой реакционной способностью в отношении H₂O₂ и не взаимодействующие с O₂, являются водорастворимыми соединениями восстановленной серы [8,10] – сульфидами железа [11] и тиольными комплексами меди [12, 13].

Среди веществ восстановительной природы естественного происхождения особое место в природной водной среде занимает сероводород и его диссоциированная форма – гидросульфид HS⁻ (pKa = 7).

Опубликовано большое количество работ, посвященных выяснению роли сероводорода/гидросульфида в природной водной среде и донных отложениях, в морских и океанических водах [14, 15, 16].

Сероводород окисляется кислородом с большим периодом индукции [17, 18], что свидетельствует о сложном механизме процесса, в котором в качестве катализаторов могут принимать участие ионы металлов переменной валентности [17]. Существенную роль в механизме может играть также пероксид водорода как промежуточный молекулярный продукт восстановления O_2 . Впервые подробное кинетическое исследование окисления сероводорода пероксидом водорода было выполнено в 1954 г. [19]. В отсутствие O_2 пероксид водорода инертен в отношении H_2S , но быстро и без периода индукции взаимодействует с HS^- [17].

Как правило, токсическое действие сероводорода обусловлено возникновением в «сероводородной зоне» дефицита молекулярного кислорода. Особенно широко распространены такие зоны в Черном море. Возможно появление дефицита O_2 и в придонных слоях воды, когда скорость поступления H_2S в толщу водной среды превышает скорость поступления O_2 .

В случае возникновения «квази-восстановительного» состояния водной среды [5] токсическое действие снимается титрованием веществ восстановительной природы эквивалентными добавками H_2O_2 [7].

Целью данной работы является проверка возможности токсикации природной водной среды комплексами железа с водорастворимыми соединениями восстановленной серы. В качестве объекта исследования был выбран тиофосфатный комплекс двухвалентного железа. Выбор обусловлен, в частности, тем обстоятельством, что в толще донных отложений, в присутствии фосфат-ионов [20] тиофосфат натрия может быть образован при взаимодействии H_2S с фосфат-ионами и, наряду с сульфидами железа [6], в толщу водной среды могут выходить тиофосфатные комплексы железа [21].

Экспериментальная часть. Исходные растворы тиофосфата натрия (далее ТФ) готовили в анаэробных условиях, используя реагент фирмы «SIGMA» и трижды дистиллированную воду. Использовали растворы Fe(II) из соли Мора, х.ч. Концентрацию ТФ определяли спектрофотометрически, используя спектрофотометр «Shimadzu UV-1700 PharmaSpec», Япония.

При биотестировании в качестве тест-объектов использовали инфузории *Tetrahymena pyriformis*, микроводоросли *Scenedesmus quadricauda*, светящиеся бактерии (препарат «Эколюм»).

Биотестирование с использованием светящихся бактерий проводили на приборе «Биолюминометр 8810» производство СКТБ «Наука», г. Красноярск.

Измеряемые тест-функции:

- прирост количества инфузорий за 24 часа (острая токсичность) [22] и прирост биомассы микроводорослей за 72 часа [23] (острая токсичность), токсичной считается проба при отношении прироста инфузорий (биомассы водорослей) в пробе к контролю, $K = 50$ и менее процентов:

$$K = (A_{\text{оп}} / A_{\text{конт}}) \times 100 \%, \quad (1)$$

где $A_{\text{оп}}$ и $A_{\text{конт}}$ – количество клеток инфузорий (биомасса водорослей) в опыте и контроле, соответственно;

- изменение интенсивности биолюминесценции светящихся бактерий под воздействием токсических веществ, присутствующих в анализируемой пробе по сравнению с контролем. Количественная оценка параметра тест-реакции выражается в виде индекса токсичности:

$$T_{\text{бакт}} = 100(I_K - I_0) / I_K \%, \quad (2)$$

где I_K и I_0 – интенсивность биолюминесценции бактерий в контроле и в опыте, соответственно.

Токсическое действие исследуемой пробы определяли за 30-минутный период экспозиции. Значение $T_{\text{бакт}} < 20 \%$ считается допустимым (анализируемая проба не токсична), $T_{\text{бакт}} \geq 20 \%$ – образец токсичен, при $T_{\text{бакт}} \geq 50 \%$ – сильно токсичен [24].

Результаты и обсуждение. В данном исследовании изучен комплекс [Fe(II)-ТФ] состава 1 : 1 и 1:2, как продукт взаимодействия ионов железа(II) и ТФ в водной среде в эквимольных концентрациях. Исследования показали, что в анаэробных и аэробных условиях этот комплекс имеет разные формы и, соответственно, разные спектральные характеристики (Рис. 1, 2).

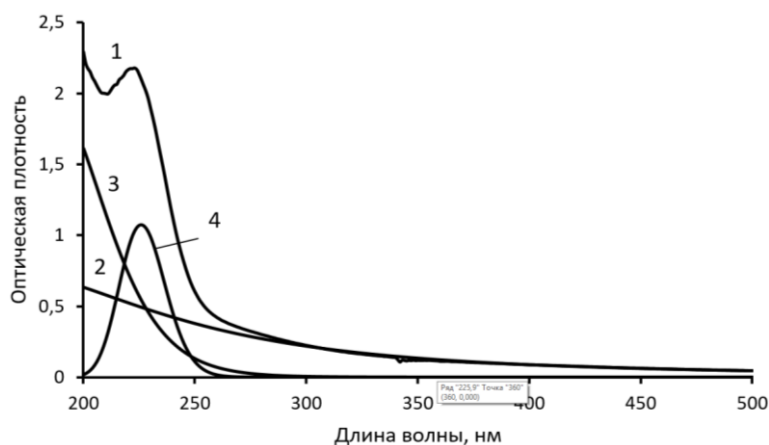


Рис. 1. Спектр комплекса [Fe(II)-ТФ] с концентрацией 5×10^{-4} М в анаэробных условиях (1), разложенный на гауссовы составляющие с максимумами: 2 – 169,2 нм; 3 – 186,2 нм; 4- 225,9 нм.

Видно, что в анаэробных условиях в спектре поглощения имеется выраженный максимум в УФ-области спектра, тогда как в аэробных условиях в ближней УФ-области спектра имеется широкая полоса поглощения без выраженного максимума.

Очевидно, пик с максимумом 225,9 нм на рис. 2 соответствует исходному (анаэробному) комплексу [Fe(II)-ТФ]. На этот максимум накладываются длинноволновые «крылья» полос поглощения в коротковолновой области спектра от других компонентов раствора с максимумами 169,2 нм (2) и 186,2 нм (3).

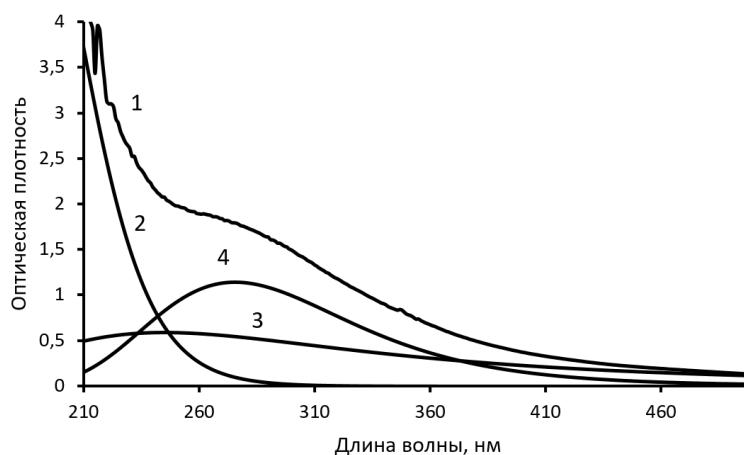


Рис. 2. Спектр комплекса [Fe(II)-ТФ] с концентрацией 5×10^{-4} М в аэробных условиях (1), разложенный на гауссовы составляющие с максимумами поглощения: 2 – 187,8 нм; 3 – 244,8 нм; 4- 275,5 нм.

Широкие полосы поглощения с максимумами на 244,8 нм (3) и 275,5 нм (4) соответствуют, по-видимому, продуктам окисления анаэробного [Fe(II)-ТФ].

Методами биотестирования изучено токсическое влияние на тест-объекты добавок в пробы воды комплекса [Fe(II)-ТФ] разной концентрации в соотношении 1:1 и 1:2. Результаты биотестирования приведены ниже в таблице №1.

Из приведенных в таблице данных видно, что наиболее чувствительными к токсическому воздействию комплекса [Fe(II)-ТФ] оказались инфузории *Tetrahymena rugiformis* – токсичными были пробы в присутствии как Fe(II)-ТФ (1:1), так и Fe(II)-

ТФ (1:2), причем при незначительном избытке ТФ чувствительность теста повышается. По отношению к микроводорослям эффект токсичности проявился только при концентрации 3×10^{-5} М. Светящиеся бактерии оказались наименее чувствительными к воздействию тиофосфатного комплекса железа (II) – пробы оказались нетоксичными.

Таблица 1

Сравнительный анализ токсичности модельного токсиканта [Fe(II)-ТФ] на примере разных биотестов

Исследуемый объект, соотношение, концентрация	Микроводоросли Scenedesmus quadricauda, $K_{\text{вод}}$	Инфузории Tetrahymena pyriformis, $K_{\text{инф}}$	Светящиеся бактерии, $K_{\text{бакт}}$
[Fe(II)-ТФ] (1:1), 3×10^{-6} М	86,64%	56,3%	-16,1%
[Fe(II)-ТФ] (1:1), 1×10^{-5} М	52,63%	43,8%	3,3%
[Fe(II)-ТФ] (1:1), 3×10^{-5} М	13,54%	50,0%	-3,0%
[Fe(II)-ТФ] (1:2), 3×10^{-6} М	92,22%	29,4%	-
[Fe(II)-ТФ] (1:2), 1×10^{-5} М	84,85%	29,6%	-
[Fe(II)-ТФ] (1:2), 3×10^{-5} М	17,73%	26,9%	-

Таким образом, можно считать, что комплекс [Fe(II)-ТФ] может оказывать токсическое воздействие на гидробионтов в природной водной среде, при концентрациях на уровне 3×10^{-6} М (0,166 мг/л по Fe). При обсуждении токсических эффектов мы не акцентировали внимание на форме нахождения в аэробной среде в процессе тестирования в аэробной среде комплекса [Fe(II)-ТФ], исходно приготовленного в анаэробной среде. Как свидетельствуют данные по окислению Fe(II)S [11], механизм процесса может быть достаточно сложным и сопровождаться образованием промежуточных форм продуктов окисления серы, в том числе и обладающих токсическими свойствами. При длительном нахождении комплекса [Fe(II)-ТФ] в анаэробных условиях он постепенно трансформируется в сульфид железа Fe(II)S, а при нахождении в аэробных условиях – в гидроксид железа Fe₂O₃.

Методами биотестирования установлена токсичность синтезированного исходно в отсутствие кислорода комплекса Fe(II)ТФ в отношении инфузорий. Полученные данные свидетельствуют о возможной роли комплекса [Fe(II)-ТФ], как и сульфида железа, в формировании токсических свойств природных вод.

Список литературы:

1. Ковальшева Г.В. Биотестирование вод Иваньковского водохранилища с использованием светящихся бактерий Photobacterium phosphoreum / Г.В. Ковальшева, Е.Е. Лапина, О.Я. Букреева // Водные ресурсы. - 1996. - Т. 23. - № 1. - С. 111-115.
2. Никаноров А.М., Биотестирование в оценке эколого-токсикологического состояния водных объектов в бассейне Нижнего Дона / А.М. Никаноров, Т.А. Хоружая, А.Г. Страдомская, Т.В. Миронова // Водные ресурсы. - 2004. - Т.31. - № 2. - С. 1-6.
3. Предеина Л.М., Биотестирование и биоиндикация в оценке экотоксикологического состояния поверхностных водных объектов бассейна Нижнего Дона /Л.М. Предеина, Т.А. Хоружая, Е.Н. Бакаева //Материалы III Всероссийской конференции по водной токсикологии, посвященной памяти Б.А. Флерова, «Антропогенное влияние на водные организмы и экосистемы», Часть 3 (Борок, 11-16 ноября 2008 г.). ООО «Ярославский печатный двор» - Борок, 2008. - С. 233-235.
4. Никаноров А.М. Современные характеристики и тенденции многолетних изменений эколого-токсикологического состояния Цимлянского водохранилища/

- А.М. Никаноров, Т.А. Хоружая, Н.А. Мартышева // Метеорология и гидрология. - 2012.- № 4.- С. 75-85.
5. Эрнестова Л.С. Редокс-состояние и сезонная токсичность природных вод / Л.С. Эрнестова, Ю.И. Скурлатов, Е.В. Штамм, Т.В. Шпотова, В.Б. Калинин // Докл. АН СССР. - 1984.- 276 (4).- С. 1014-1016.
 6. Пирумян Г.П. Методика анализа редокс-состояния и каталазно-пероксидазной активности донных отложений/ Г.П. Пирумян, А.Г. Мхитарян, Л.О. Батовская, Ю.И. Скурлатов, Е.В. Штамм // Арм. Хим. Журнал. - 1989.- 42 (3).- С. 146-153.
 7. Штамм Е.В. Биотестирование в оценке эффективности технологий очистки сточных вод/ Е.В. Штамм, Ю.И. Скурлатов, Н.Б. Козлова, Н.И. Зайцева, Е.В. Александрова // Водные ресурсы. - 2011.- 38(2).- С. 232 – 238.
 8. Максименко П.Ю. Вероятная роль серосодержащих соединений в формировании токсических свойств сточных вод целлюлозно-бумажного производства/ П.Ю. Максименко, Ю.П. Козлов, Б.Н. Фрог, Ю.И. Скурлатов, Е.В. Штамм // Вестник РУДН, Сер. Экология и безопасность жизнедеятельности. - 2000.- № 4.- С. 63-70.
 9. Штамм Е.В. Природа токсического воздействия сточных вод предприятий целлюлозно-бумажного производства на водные экосистемы / Е.В. Штамм, Ю.И. Скурлатов, В.О. Швыдкий, И.С. Байкова, Е.В. Вичутинская // Химическая физика. - 2015.- Т. 34.- №6.- С. 22 – 29.
 10. Skurlatov Yu.I. Possible role of reduced sulfur compounds in toxic properties of pulp and paper mill effluents/ Yu.I. Skurlatov, E.V. Shtamm, B.N. Frog, N.B. Kozlova, E.V. Alexandrova, L.N. Shishkina // Acta hydrochimica et hydro-biologica, -2002.-V. 5-6.- P. 256-265.
 11. Байкова И.С. Механизм окисления наночастиц FeS молекулярным кислородом и пероксидом водорода в разбавленных водных растворах/ И.С.Байкова, Е.В. Штамм, Е.В. Вичутинская, Ю.И. Скурлатов // Химическая физика. - 2009.- Т. 28.- №4.- С. 85 – 90.
 12. Дятчина О.В. Окисление глутатиона кислородом и пероксидом водорода в присутствии ионов меди/ О.В. Дятчина, Л.В. Семеняк, Ю.И. Скурлатов // Химическая физика. - 1992.- Т.11 (9).- С. 1255-1259.
 13. Багиян Г.А. Ион-молекулярные механизмы каталитического окисления тиольных соединений в присутствии ионов меди/ Г.А. Багиян, И.К. Королева, А.В. Уфимцев и др // Химическая физика. - 2005. - Т. 24. - № 6. - С. 51 – 62.
 14. Волков И.И. Геохимия серы в осадках океана. М.: Наука, 1984. – 272с.
 15. Макаров С.В. Новые направления в химии серосодержащих восстановителей // Успехи химии. - 2001. - Т. 70.- № 10. - С. 996-1007.
 16. Волков И.И. Соединения восстановленной неорганической серы в водах Белого моря и устья Северной Двины/ И.И. Волков, Н.М. Кокрятская // Водные ресурсы. - 2004. - Т. 31.- № 4. - С. 461 – 468.
 17. Hoffmann M.R. Kinetics and mechanism of oxidation of hydrogen sulfide by hydrogen peroxide in acidic solution // Environ. Sci. Technol.- 1977. -V. 11.- № 1.- P. 61 – 66.
 18. Resh P. Reduction of Methylene Blue by sulfide ion in the presence and absence of oxygen: simulation of the Methylene Blue-O₂-HS⁻ CSTR oscillations/ P. Resh, R.J. Field, F.W. Schneider, M. Burger // J. Phys. Chem.- 1989. -V. 93.-№ 25.- P. 8181-8186.
 19. Satterfield C.N. Rate of oxidation of hydrogen sulfide by hydrogen peroxide/ C.N. Satterfield, R.C. Reid, D.R Briggs // J. Amer. Chem. Soc.- 1954. -V. 76.- № 15.- P. 3922-3925.

20. Белкина Н. А. Фосфор в донных отложениях Онежского озера // Известия Российского государственного педагогического университета имени А. И. Герцена. – СПб. - 2015. - N 173. - С. 97-109.
21. Швыдкий В.О. «Антиоксидантные свойства тиофосфата»/ В.О. Швыдкий, Е.В. Штамм, И.С. Байкова, Ю.И. Скурлатов. // Труды IX Международной конференции «Биоантиоксидант», Москва, 29 сентября-2 октября 2015 г. - С. 66-76.
22. Руководство по определению методом биотестирования токсичности вод, донных отложений, загрязняющих веществ и буровых растворов. Министерство природных ресурсов Российской Федерации, РЭФИА, НИА-Природа, Москва, 2002. - С. 33.
23. Методика определения токсичности вод, водных вытяжек из почв, осадков сточных вод и отходов по изменению уровня флуоресценции хлорофилла и численности клеток. Федеральный реестр (ФР) ФР.1.39.2007.03223, Москва, АКВА-РОС, 2007.
24. ПНД ФТ 14.1:2:3:4.11-04; 16.1:2:3:3.8-04. Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод и отходов по изменению интенсивности бактериальной биолюминесценции тест-системой "Эколюм", 2010 г.

TOXICOLOGICAL CONTROL OF THIOL COMPOUNDS BY BIOTESTING USING THE EXAMPLE OF [FE (II) –SODIUM THIOPHOSPHATE] COMPLEX
V.O. Shvydkiy¹, E.V. Shtamm², S.O. Travin², L.N. Shishkina¹, Y.I. Skurlatov²

¹*Emanuel Institute of Biochemical Physics, Russian Academy of Science, Moscow, 119334, Russia, e-mail: slavuta58@gmail.com, shishkina@sky.chph.ras.ru*

²*Semenov Institute of Chemical Physics, Russian Academy of Sciences, Moscow, 119334, Russia, e-mail: yskurlatov@gmail.com, ekochem@yandex.ru, travinso@yandex.ru*

Abstract

The interaction of ferrous ions with sodium thiophosphate in anaerobic and aerobic conditions is accompanied by the formation of complexes of 1:1 composition, differing in spectral characteristics. The complex, synthesized and stored in anaerobic conditions, eventually transformed into iron sulphide and precipitates. The complex obtained under aerobic conditions eventually oxidizes to Fe₂O₃ and precipitates also. The toxicity of the Fe(II)-Thiophosphate complex synthesized initially in the absence of oxygen was determined by biotesting methods using microalgae, luminous bacteria and infusoria. The data obtained allow us to make the conclusion about a possibility role in the formation of toxic properties of natural waters both ferrous-thiophosphate complexes and iron sulphide.

УДК 621.311.001.57

ПОЛУЧЕНИЕ БИОУГЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭКЗОТЕРМИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ

А.Л. Шевченко, В.М. Зайченко, Г.А. Сычев

*Объединенный институт высоких температур РАН, Москва, РФ,
e-mail: s1246626@yandex.ru*

Представлены экспериментальные исследования по получению биоугля из древесных пеллет и пеллет лузги подсолнечника в реакторе с подвижным слоем, нагреваемым продуктами сгорания, отходящими после ГПУ. В процессе пиролиза наблюдается интенсивная экзотермическая реакция, что позволяет существенно снизить подвод внешнего тепла в зону пиролиза и проводить процесс термохимической обработки биомассы при температурном уровне, заметно превышающем температуру греющего теплоносителя. Выявлены особенности получения биоугля из различных видов биомассы. Исследовано влияние содержания кислорода в продуктах сгорания. Представленная схема позволяет получать высококачественный биоуголь из отходов с минимальными энергозатратами.

Введение. Индейцы с берегов Амазонки открыли удивительные качества биоугля – внесение его в почву позволяло устойчиво получать высокие урожаи. Кроме того, они первыми научились термически перерабатывать органические отходы жизнедеятельности в ценное удобрение, создав экологически гармоничную среду обитания. Исследования показали, что внесение в почву биоугля позволяет повысить урожайность на 800% [1].

Биоуголь является также прекрасным заменителем ископаемому углю для сжигания в топках котлов. Имея теплотворную способность близкую к ископаемому топливу, легко измельчается для подачи в факельные горелки котлов, биоуголь является CO₂-нейтральным топливом, практически не содержит сернистых соединений, что позволяет решать экологические проблемы нашей планеты. Компании Clean Energy Generation (CEG) & Stork [2] анонсировали продвижение биоугольной технологии, при которой биоуголь используется на обычных угольных электростанциях в смеси с измельченным каменным углем. При этом, каждая тонна биоугля сокращает выбросы углекислого газа на 2.5 тонны.

Активированный древесный уголь является также уникальным сорбентом, используемым для фильтрации различных жидкостей и газов, применяется также в медицине.

Для получения биоугля применяется пиролиз отходов [3] деревообрабатывающего производства и сельского хозяйства – нагрев биомассы в бескислородной среде до температур 400 - 600 °С. Важным аспектом для широкого внедрения технологии получения биоугля из органических отходов жизнедеятельности является энергоэффективность применяемых методов переработки биомассы.

Экспериментальные исследования. Реактор пиролиза, на котором проводились исследования, представляет собой вертикальный цилиндр с загрузочным бункером сверху и узлом выгрузки готовой продукции в нижней части. В прогретый до 100 °С реактор загружалась гранулированная биомасса (древесные пеллеты или пеллеты из лузги подсолнечника). В нижнюю часть реактора подавался горячий бескислородный теплоноситель – продукты сгорания после газопоршневой энергоустановки с температурой 340 – 400 °С. Пройдя сквозь слой обрабатываемой биомассы, газообразный теплоноситель в смеси с выделяющимися в большом количестве пиролиз-

ными газами через отверстие в верхней части реактора поступали в дожигатель, где сгорали в запальном факеле.

Исследования [4,5] показали, что в процессе пиролиза биомассы при достижении определенной температуры (для древесных пеллет 270 °С) начинают активно развиваться экзотермические реакции, за счет тепла которых можно существенно повысить энергоэффективность процесса пиролиза. При более высоких температурах, характерных для процесса получения биоугля этот эффект проявляется еще сильнее [6, 7] – энергия экзотермической реакции может превышать 1 МДж/кг.

На рисунке 1 видно, что благодаря этому эффекту температура в среднем сечении реактора растет значительно быстрее температуры теплоносителя на входе в реактор и достигает $T_6=500$ °С. Температура горячих газов на входе в реактор T_4 при этом не превышала 400 °С. В этом эксперименте содержание кислорода в продуктах сгорания было установлено 0.8%.

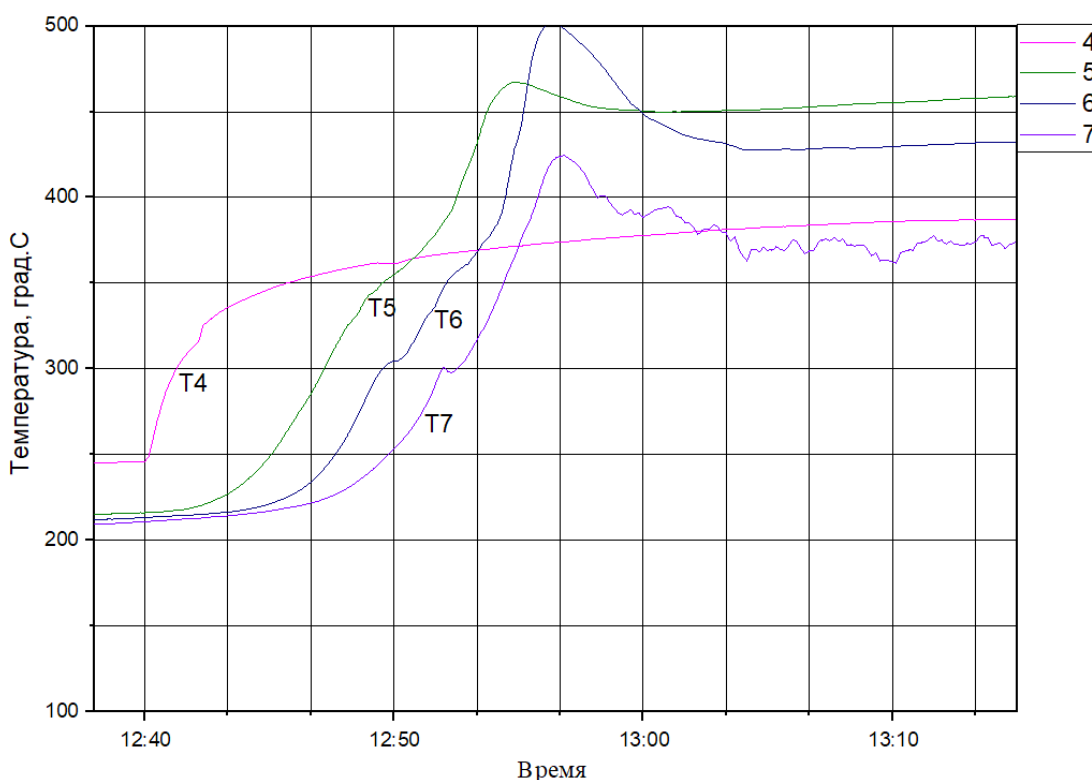


Рис.1. Изменение температуры в различных по высоте реактора сечениях

На графике наблюдается заметный пик температуры, затем снижение, связанное с уменьшением концентрации компонент, определяющих экзотермическую реакцию.

Для разных видов биомассы процесс пиролиза имеет свои особенности. На рисунке 2 представлены сравнительные кривые изменения температуры при пиролизе древесных пеллет и пеллет из лузги подсолнечника. Эксперименты проводились для двух типов биомассы при одинаковых условиях – одинаковой загрузке и идентичном профиле температуры теплоносителя (4) на входе в секцию пиролиза.

При этом рост температуры в среднем сечении реактора (6), связанный с экзотермической реакцией, для лузги (6л - пунктирная кривая) значительно превышает аналогичное значение для древесных пеллет (6д).

В таблице 1 представлен химический состав биоугля, полученного в результате пиролиза пеллет двух видов - древесных пеллет хвойных пород и пеллет из лузги подсолнечника.

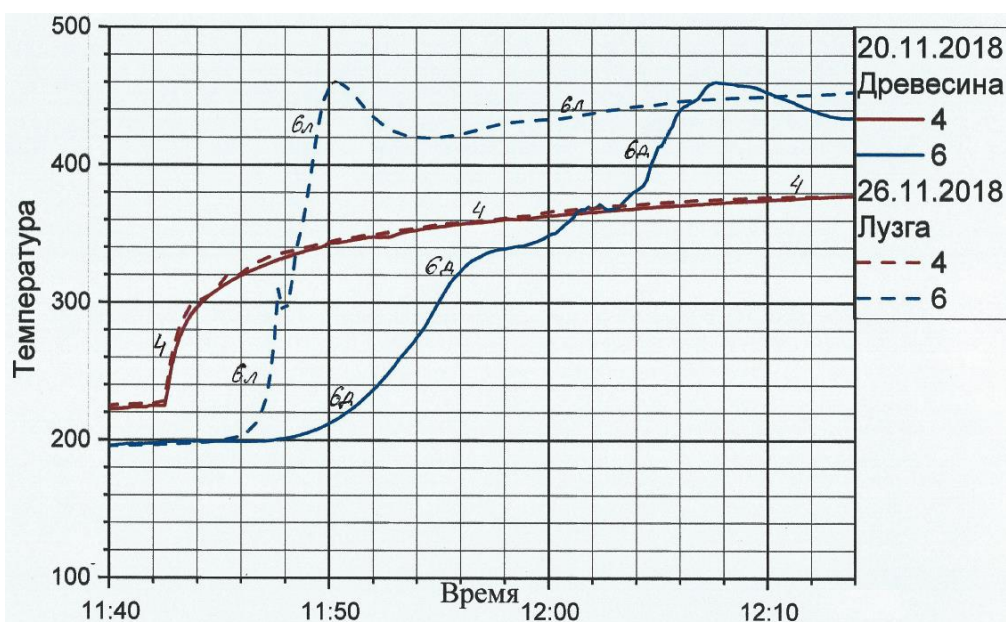


Рис. 2. Изменение температуры при пиролизе древесных пеллет и пеллет из лузги подсолнечника

Таблица 1

Химический состав биоугля и низшая теплотворная способность в пересчете на сухое состояние

Материал пеллет	C, %	H, %	N, %	S, %	O, %	A, %	Q _н , МДж/кг
Древесина	80,09	3,08	0,16	0,01	13,55	3,11	29
Лузга подсолнечника	68,24	1,50	1,43	0,31	6,65	21,87	24

Видно, что в результате пиролиза при температуре 400 – 500 °C концентрация углерода в биомассе существенно повышается и полученный продукт является биоуглем с высокими энергетическими характеристиками.

В таблице 2 показана скорость прогрева пеллет из лузги подсолнечника, древесины хвойных пород и пометно-подстилочной массы (ППМ) при прогреве до T>270 °C и развитии экзотермических реакций. Наиболее интенсивно происходит тепловыделение в процессе пиролиза биомассы из лузги подсолнечника благодаря высокому содержанию липидов. В пеллетах же из ППМ напротив, реакция самопрогрева протекает вяло из-за более высокой теплоемкости и малого содержания гемицеллюлозы.

Таблица 2

Темп прогрева различных видов биомассы

Вид биомассы	Скорость прогрева, град./мин
Пеллеты из лузги подсолнечника	15
Древесные пеллеты	9
Пеллеты из ППМ	3

Получение биоугля происходит в процессе пиролиза в бескислородной среде. Однако, исследования показали, что небольшое содержание кислорода в греющем теплоносителе интенсифицирует процесс, не ухудшая при этом качество получаемой

продукции [8]. На рисунке 3 показано изменение температуры во времени в различных сечениях реактора при пиролизе древесных пеллет, когда концентрация кислорода в продуктах сгорания была увеличена за счет обеднения питательной смеси газо-поршневого двигателя. Видно, что при увеличении концентрации O_2 до 3.6% температура в среднем сечении реактора поднимается до 615 °С, внутреннее тепловыделение возрастает в полтора раза, а скорость прогрева поднимается до 12 °С/мин.

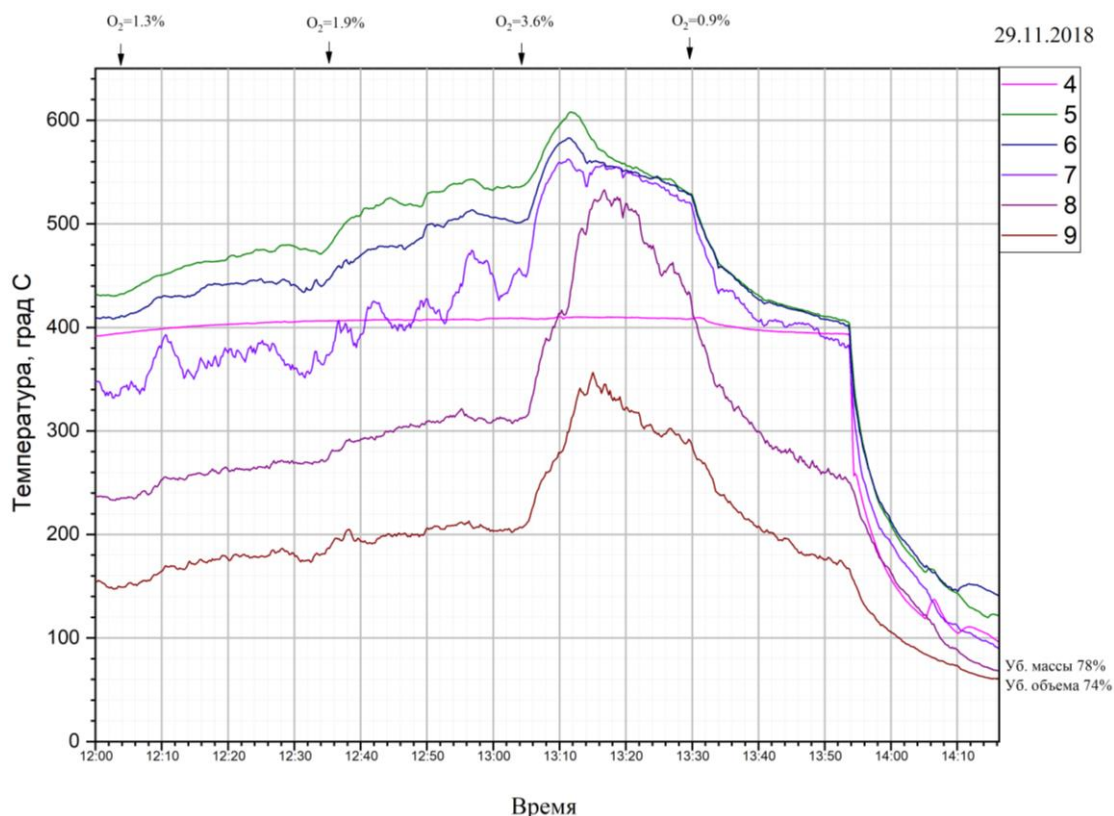


Рис. 3. Профили температуры в процессе пиролиза древесных пеллет при изменении содержания кислорода греющем теплоносителе

Заключение. Представлены экспериментальные исследования, показывающие возможность получать биоуголь из различного вида биомассы (отходы деревообрабатывающего производства, сельскохозяйственные и бытовые отходы) с максимальной энергоэффективностью с использованием тепла отходящих выхлопных газов от мини электростанции. Причем, за счет использования внутреннего тепла экзотермической реакции и небольшой концентрации кислорода в греющем теплоносителе удастся значительно повысить температурный уровень и энергоэффективность процесса.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-08-00865.

Список литературы:

1. Павлов В.М. Влияние биоугля на качественное восстановление почворесурса в республике Татарстан / Павлов В.М., Саубанов Р.Р. Исрафилов И.Х.// Онлайн-электронный научно-технический журнал «Социально -экономические и технические системы»/№1(60) Наб. Челны: ИНЭКА, 2012. <http://www.sets.ru>.
2. https://www.bioenergy-news.com/display_news/13612/biocoal_partnership_to_build_global_operation/
3. Мандре Ю.Г. Карбонизация и торрефикация древесины / Мандре Ю.Г., Пекарец А.А., Аким Э.Л.// Леса России: политика, промышленность, наука, образование. Материалы третьей международной научно-технической конференции. Под редакцией В.М. Гедьо: Санкт-Петербург. 2018

4. Зайченко В.М. Экзотермические эффекты низкотемпературного пиролиза биомассы./ Зайченко В.М., Сычев Г.А., Шевченко А.Л. // В сборнике: Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность - 2017. Сборник статей по материалам научно-практической конференции с международным участием. Под редакцией Ю.А.Омельчук, Н.В.Ляминой, Г.В.Кучерик. 2017. С. 494-497.
5. Табакаев Р.Б. Исследование тепловых эффектов термодеструкции соломы для организации её пиролитической переработки в автотермическом режиме / Р.Б. Табакаев, А.В. Астафьев, Ю.В. Дубинин, Н.А. Языков, В.А. Яковлев // III Всероссийская научно-практическая конференция «Энергетика и энергосбережение: теория и практика», Кемерово. 2017.
6. Левин Э.Д. Теоретические основы производства древесного угля / Э. Д. Левин // - М.: Лесная промышленность, 1980. - 151 с.
7. Козлов В.Н. Технология пирогенетической переработки древесины / В.Н.Козлов, А.А.Нимвицкий // М. Гослесбумиздат, 1954.
8. A L Shevchenko. Oxygen influence on the process of low-temperature pyrolysis of biomass. / A.L.Shevchenko, A.E.Petrov, G.A.Sytchev and V.M.Zaichenko // IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 1147 (2019) 012091

BIOCHAR PRODUCTION USING EXOTHERMIC REACTION

A.L. Shevchenko, V.M. Zaichenko, G.A. Sytchev

JIHT RAS, Moscow, 125412, Russia, e-mail: s1246626@yandex.ru

Abstract

Experimental studies on the biochar production from wood and sunflower husk pellets in a moving bed reactor heated by gas-piston unit combustion products are presented in this paper. In the process of pyrolysis, an intense exothermic reaction is observed, which makes it possible to significantly reduce the supply of external heat to the pyrolysis zone and carry out the process of biomass thermochemical treatment at a temperature level that is significantly higher than the temperature of the heat carrier. The features of obtaining biochar from different types of biomass were studied. The influence of the oxygen content in the combustion products were investigated. The presented scheme allows to obtain high-quality biochar from waste with minimal energy consumption.

МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ОБРАБОТКИ И ПРЕДСТАВЛЕНИЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ

В.И. Шевченко¹; Т.А. Бродовский²

*Севастопольский государственный университет,
г. Севастополь, 299053, Российская Федерация,
e-mail: ¹VIShevchenko@sevsu.ru, ²TABrodovskii@sevsu.ru*

В настоящее время широкое распространение приобрели метеорологические сервисы, такие как «Яндекс.Погода» или «Gismeteo». Для разработчиков особый интерес представляют интерфейсы прикладного программирования (англ. API – *application programming interface*), которые предоставляются данными сервисами. В соответствии с [1] API – это набор готовых классов, процедур, функций, структур и констант, предоставляемых приложением (библиотекой, сервисом) или операционной системой для использования во внешних программных продуктах. Например, API «Яндекс.Погода» [2] может поставлять фактические значения и прогноз погоды, сведения о климате, а также весьма специфическую информацию, как скорость порывов ветра на большой высоте или режим инсоляции (облучение земной поверхности солнечной радиацией) на определенной территории.

Метеорологические сервисы предоставляют доступ к своим API. При этом есть возможность бесплатного доступа с некоторыми ограничениями по сравнению с платной версией функционала (например, на предельно допустимое количество запросов за определенное время). Однако, вариант использования подобных сервисов не всегда подходит, особенно в случае, если нужно точно знать погодную обстановку в специфической местности, удаленной от населенных пунктов (например, горы, побережье моря и т.д.). В таком случае можно использовать мобильные метеостанции. Преимуществом мобильного приложения по сравнению с веб-версией ресурса является экономия интернет-трафика и удобный интерфейс, адаптированный под мобильные устройства.

В рамках данной работы представлено мобильное приложение, предоставляющее актуальные метеоданные с популярных летных мест Крыма для пилотов паропланов. Основные функциональные возможности приложения: а) получение метеосводки на текущий момент времени с определенной локации; б) получение метеосводки за определенный период времени с определенной локации.

Предоставление метеосводки за текущий период содержит направление и скорость ветра (минимальную, среднюю и максимальную), а также температуру воздуха. Визуализация метеосводки за определенный период содержит информацию о ветре и температуре в определенные моменты временного отрезка и осуществляется в виде графиков и диаграмм: графики показывают динамику изменения скорости ветра с возможностью детализации отдельных значений в определенных временных точках (детализация содержит данные о температуре и направлении ветра в конкретный момент времени); визуальные диаграммы содержат информацию о преобладании на протяжении выбранного промежутка времени того или иного направления ветра. Кроме того, при запуске мобильного приложения на главном экране отображается список летных мест, с которых поступают данные.

Структурная модель системы обработки и визуализации метеорологических данных представлена на рис. 1.

Пользователь взаимодействует с системой при помощи графического интерфейса пользователя (ГИП), за реализацию которого отвечает соответствующий модуль ГИП. При запуске мобильного приложения предлагается выбор режима работы —

предоставление информации о текущей метеорологической обстановке, либо предоставление метеосводки за определенный период времени. В первом случае выбирается только локация, во втором — ещё добавляется выбор продолжительности периода для сводки. Получив сигнал ввода от пользователя модуль выбора режима работы определяет дальнейший режим функционирования системы, воздействуя на модуль текущих метеоданных, либо на модуль статистических метеоданных в зависимости от выбора пользователя.

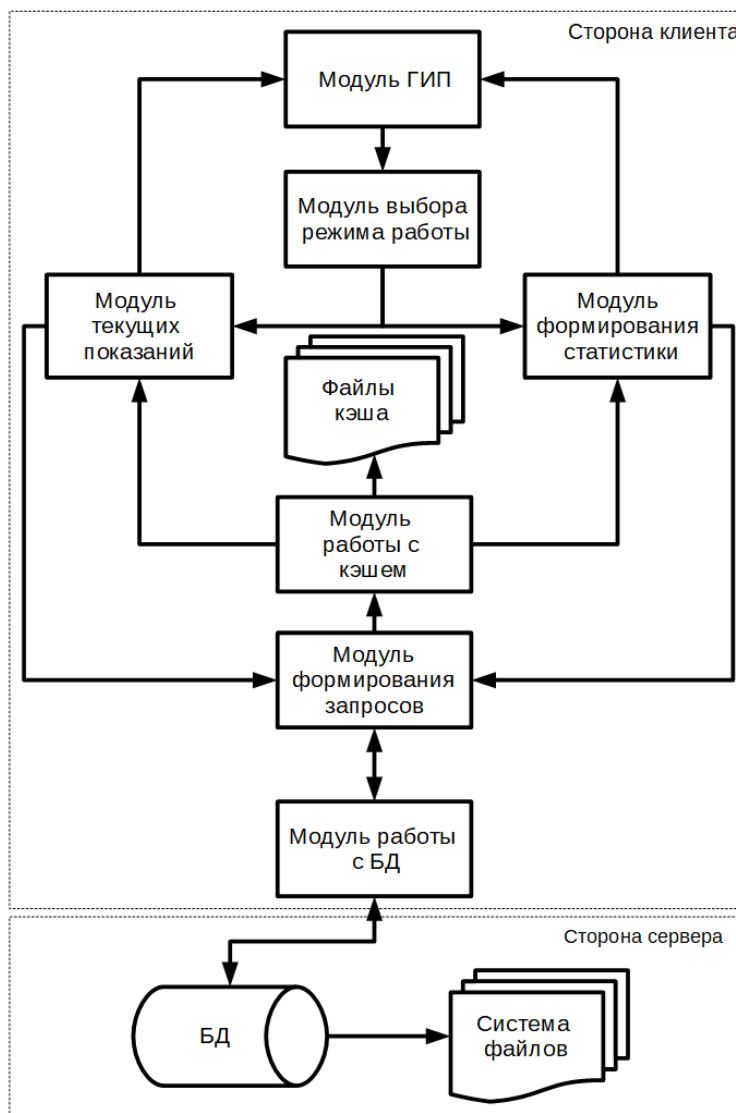


Рис. 1. Структурная модель системы обработки и визуализации метеорологических данных

Модуль текущих метеоданных получив от модуля выбора режима работы идентификатор локации отправляет его в модуль формирования запросов. Модуль статистических метеоданных получает от модуля выбора режима работы идентификатор локации и продолжительность измерений и также переправляет их в модуль формирования запросов.

Модуль формирования запросов оборачивает полученные данные в запрос к базе данных (БД) и передает его в модуль работы с БД, который посылает полученный запрос к БД сервера, получает ответ и передает его обратно на обработку. Модуль формирования запросов анализирует и перерабатывает полученный ответ в последовательность метеоданных, которые передаются в модуль работы с кэшем [3].

Модуль работы с кэшем, получив метеоданные записывает их в файл кэша и передает либо модулю текущих метеоданных, либо модулю статистических метеодан-

ных в зависимости от выбранного режима работы. Модуль текущих метеоданных обрабатывает сведения о текущей обстановке на выбранной местности и выводит их посредством ГИП на экран.

Модуль статистических метеоданных получив ответ от модуля работы с кэшем обрабатывает полученные данные, строит график, отражающий динамику изменения ветра на местности, и диаграмму по преобладанию ветров различных направлений за выбранный промежуток времени и выводит их посредством ГИП на экран.

Для построения аппаратной части системы используются мобильные комплексы компании Davis, на рис. 2 изображена мобильная метеостанция Davis 7425EU с блоком датчиков.



Рис. 2. Мобильная метеостанция Davis 7425EU с блоком датчиков

Полная комплектация такой метеостанции состоит из проводного блока датчиков и консоли управления, однако можно отказаться от использования блока и снабдить комплекс отдельными датчиками. Блок датчиков состоит из следующих компонентов: анемометр для измерения скорости и направления ветра; датчик измерения температуры и датчик измерения влажности воздуха.

Консоль управления получает данные от блока датчиков и отображает данную информацию на экране, а также записывает её во внутренний кэш (объем кэша позволяет хранить 2560 записей). Посредством специального разъема для подключения интерфейса *WeatherLink* к консоли подключен GSM-модуль, который переправляет данные в БД сервера. В состав консоли входит: интегрированный датчик для измерения температуры; интегрированный датчик для измерения атмосферного давления; блок питания.

На рис. 3 и рис. 4 представлен интерфейс мобильного приложения. Главное окно (рис. 3а) в заголовке содержит имя приложения — *Krymvetter*. Под заголовком окна содержится список летных мест (спотов). На данный момент доступны метеоданные с трех летных мест: (г. Тас-Тау, с. Оборонное и г. Белогорск). Нажатие по одному из элементов списка приведет к переходу к окну с метеоданными с соответствующего летного места.

На рис. 3б представлен макет окна с текущими метеоданными, полученные с локации горы Тас-Тау. Окно с метеоданными содержит заголовок, в котором указано название локации, под заголовком расположен фрагмент фото местности со спутника. Под изображением местности находится дата и время последнего обращения к серверу за метеоданными. Направление ветра указывается иконкой флюгера с указанием стороны света. Расположение сторон света на картинке с флюгером соответствует расположению сторон света на фрагменте карты. Под кругом со сторонами

света расположено имя локации, на которой установлен датчик. Справа от круга расположены значки, обозначающие ветер и температуру соответственно. Возле иконки, обозначающей ветер расположены 3 значения силы ветра: минимальная, средняя и максимальная. Под ними, напротив иконки температуры, располагается значение температуры воздуха.

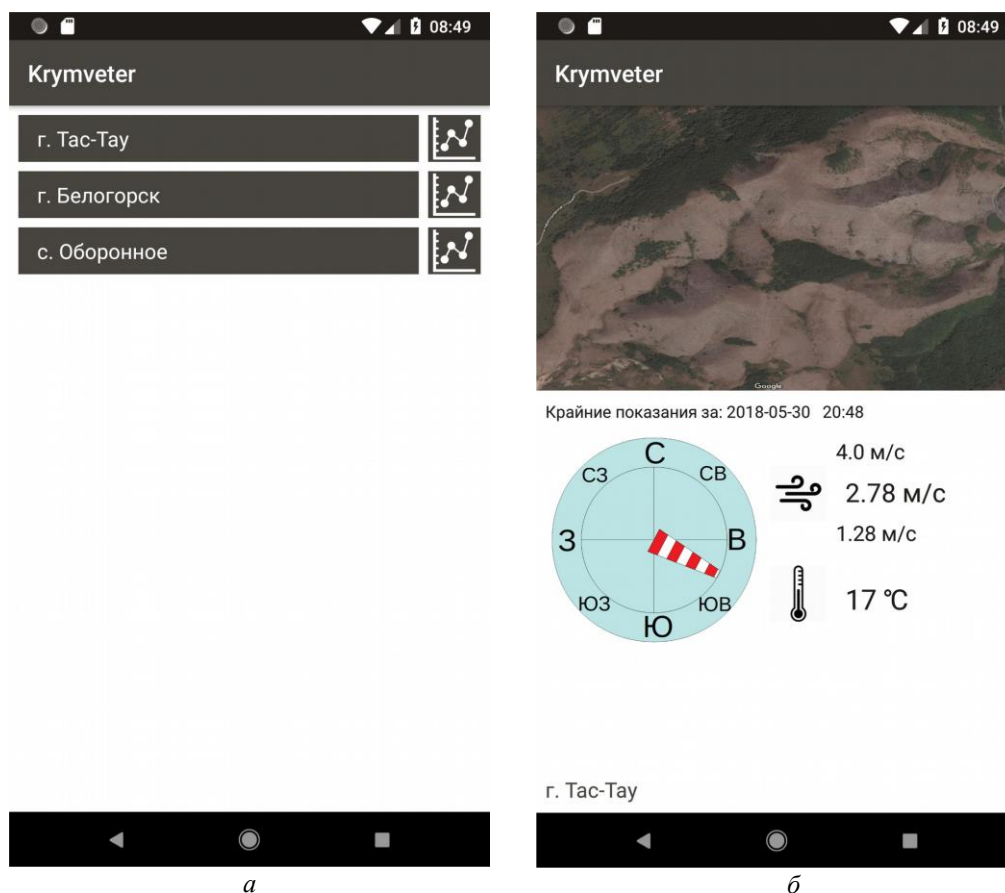


Рис. 3. Интерфейс мобильного приложения: *а* – прототип главного окна приложения; *б* – макет окна с метеоданными

На рис. 4а представлен макет окна статистики. На графике в верхней части экрана отражена динамика изменения показателей максимальной скорости ветра (красная линия), средней скорости (синяя линия) и минимальной (зеленая линия). При выборе определенной точки на графике под графиком выводятся все три показателя скорости ветра, его направление, а также температура. Поля вывода этих значений располагаются непосредственно под графиком. Окно со статистикой для локации г. Тас-Тай приведено на рис. 4б.

В нижней части экрана мобильного приложения располагается диаграмма, отражающая преобладание ветров тех или иных направлений в течении выбранного временного отрезка (в случае выбора статистики за час время преобладания ветра будет измеряться минутами, а в случае выбора статистики за прошедшие сутки — часами). Также под диаграммой располагается поле, в которое будет выводиться наименование преобладающего ветра.

Перспективами дальнейших прикладных работ в области расширения функциональных возможностей представленного мобильного приложения мониторинга метеорологических данных являются: внесение новых способов представления данных, в т.ч. потоковое видео и фотосъемка; подключение системы геопозиционирования; подключение сторонних прогнозирующих метеорологических ресурсов; добавление социальных элементов коммуникации (интеграция форумов или социальных сетей).

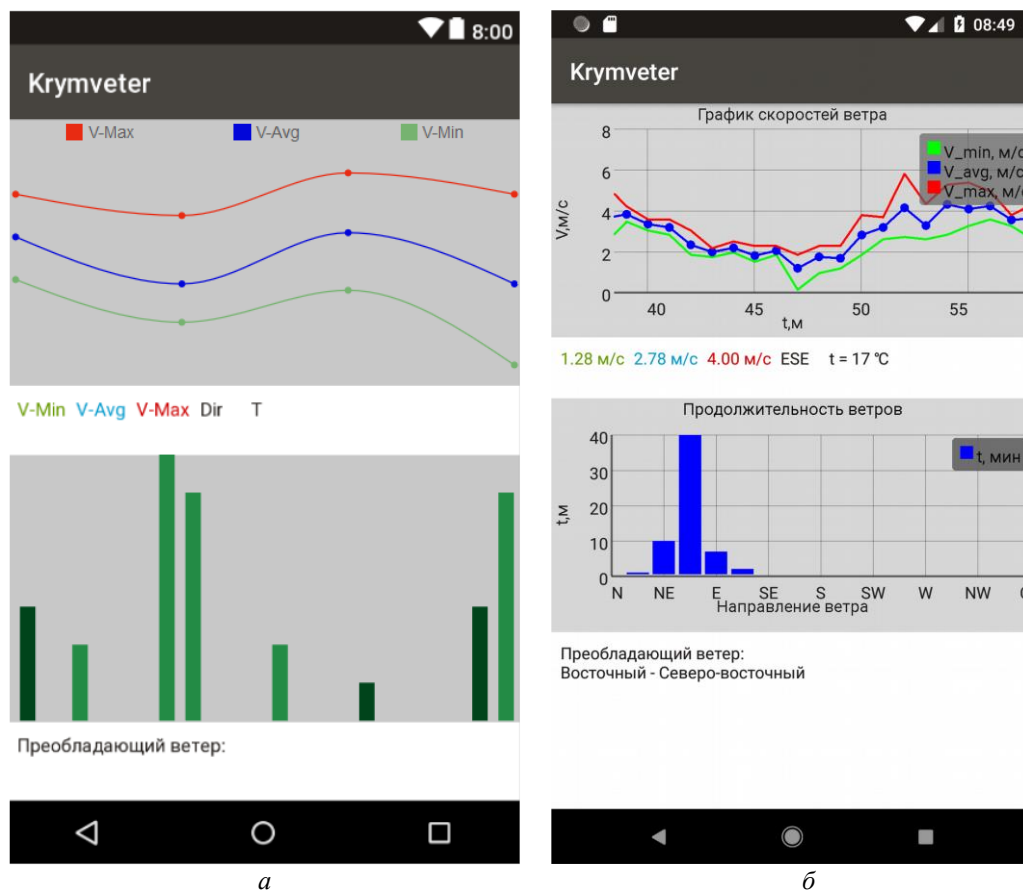


Рис. 4. Интерфейс мобильного приложения: а – макет окна статистики; б – окно со статистикой для локации г. Тас-Тау.

Эта работа была выполнена при поддержке Российского Фонда Фундаментальных исследований, грант № 18-47-920005.

Список литературы:

1. Плотников О. А. Подсистема решения задачи многоальтернативной маршрутизации грузоперевозок с помощью эволюционных методов / О. А. Плотников, Е. С. Подвальный // Вестник ВГТУ, 2012. – №11. – С. 30 – 35.
2. Финиченко А. Ю. Подбор оптимальных параметров системы солнечного коллектора на основе климатических данных для выбранной локации / А. Ю. Финиченко, А. А. Тартачев // Омский научный вестник, 2018. – №4 (160). – С.88 – 93.
3. Мащенко Е.Н. Исследование процессов организации эффективного хранения данных систем мониторинга на базе распределенной системы хранения блочно-го типа / Е. Н. Мащенко, В. И. Шевченко // Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность - 2017 Сборник статей по материалам научно-практической конференции. – 2017. – С. 876-879.

MOBILE APPLICATION FOR PROCESSING AND REPRESENTATION OF METEOROLOGICAL DATA

V.I. Shevchenko¹, T.A. Brodovsky²

Sevastopol State University, Sevastopol, Russian Federation,
e-mail: ¹VIShevchenko@sevsu.ru, ²TABrodovskii@sevsu.ru

Abstract

The paper presents a mobile application for processing and visualizing meteorological data. The structural model and interface of the application are considered. The presented software product allows paragliding pilots to receive monitoring data on weather conditions from popular flight locations in the Crimea in real time.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТРИТИЯ МЕЖДУ ОБЪЕМНОЙ И ГИДРАТНОЙ ВОДОЙ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ ПОЛИЭТИЛЕНГЛИКОЛЕЙ

И.А. Шестаков¹; В.С. Покальчук; Ю.В. Кондакова

Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева,
г. Москва, 125047, Российская Федерация, e-mail: ¹iashestakov@yandex.ru

Тритий, поступая в окружающую среду в результате деятельности предприятий ядерно-топливного цикла, в виде замещенного водорода *HT*, или замещенной воды *HTO*, быстро окисляется и включается в водный обмен биосферы. При попадании в организм тритий в виде *HTO* распределяется по клеткам и тканям, вступает в процессы обмена с обменнспособным водородом органических молекул и участвует в биохимических реакциях, замещая необменный водород. Сочетание относительно большого периода полураспада – 12,3 года, и малого пробега испускаемых β -частиц, создаёт проблему оценки локальной дозовой нагрузки на клеточные структуры.

В работе [1] проведено определение коэффициента распределения трития между *HTO* и нуклеиновыми кислотами. При исследовании коэффициентов распределения Baumgärtner рассматривал изотопный эффект как между тритиевой водой и обменными атомами нуклеиновых кислот, так между объемной водой (не взаимодействующей с исследуемым биополимером), и связанной водой (водой, образующей водородные связи с исследуемым биополимером). Нашей научной группой был проведен ряд исследований, связанных с определением коэффициентов распределения трития в углеводах [2] и некоторых растворимых аминокислотах [3]. В данных работах определение коэффициента распределения между объемной и связанной водой проводилось путём подбора до достижения минимального среднеквадратичного рассогласования расчётных и экспериментальных данных. Для фиксирования «чистого» изотопного эффекта между объемной и связанной водой были подобраны системы на основе водорастворимых полимеров, имеющих большое количество атомов с неподеленной электронной парой в своём составе, минимальное количество способных к обмену атомов водорода – полиэтиленгликоли.

Определение коэффициента распределения трития в водных растворах полиэтиленгликолей проводилось по ранее разработанной методике [4]. В эксперименте использовались полиэтиленгликоли различной молекулярной массы – 400, 1500, 2000. В воде с известной активностью трития готовились растворы полиэтиленгликолей известной концентрации. Растворы известной массы фасовались в полиэтиленовые вials для жидкостно-сцинтилляционной спектрометрии и помещались в эксикатор для высушивания. В качестве осушителя использовался технический хлорид кальция. С интервалом приблизительно в 1 сутки вials извлекались, измерялась потеря массы, которая компенсировалась соответствующим количеством неактивной дистиллированной воды. Перед отбором пробы производилось измерение фоновой активности с использованием сцинтилляционной смеси UltimaLLT производства PerkinElmer, на жидкостно-сцинтилляционном спектрометре Hidex SL300. Далее проводилось повторное измерение массы, отбор 0,1 грамма раствора и определение его активности. Экспериментальные результаты представлялись графически в виде зависимости относительной потери активности ($\delta A = \Delta A/A_0$) от относительной потери массы ($\delta m = \Delta m/m_0$).

Обработка результатов измерений проводилась в рамках разработанной модели, учитывающей материальный баланс и изотопное равновесие между свободной водой, связанной (гидратной) водой и растворенным веществом. Решение уравнений

материального баланса и изотопного равновесия приводит к следующей зависимости относительной потери активности от относительной потери массы:

$$\frac{d\delta A}{d\delta m} = \frac{(1-\delta A) \cdot \sum_i \frac{\alpha_i}{\beta_i} \cdot P_i}{(1-\delta m) \cdot (1-X_m) \cdot \sum_i \alpha_i \cdot P_i + X_m \cdot \sum_j K_j \cdot Q_j}, \quad (1)$$

где α_i – коэффициент распределения трития между свободной и i -й формой воды ($i = 1$ – свободная, $i = 2$ – гидратная);

P_i – доля соответствующей формы воды;

β_i – коэффициент распределения трития между i -й формой воды и паром ($\beta_1 = 1$);

K_j – коэффициент распределения трития между свободной водой и j -й формой растворенного вещества;

Q_j – доля соответствующей формы растворенного вещества ($j = 1$ – гидратная, $j = 2$ – безводная форма);

X_m – массовая доля растворенного вещества.

Величина X_m – массовая доля растворенного вещества в момент отбора пробы, выраженная через относительную потерю массы:

$$X_m = \frac{x_0}{1-\delta m}, \quad (2)$$

где x_0 – начальная массовая доля вещества в растворе.

Так как количество групп, имеющих способные к обмену атомы водорода, в молекуле полиэтиленгликоля мало относительно содержания атомов кислорода в эфирных группах, принималось, что коэффициент распределения между водой и способными к обмену группами $K_i = 0$. Тогда уравнение (1) принимает вид:

$$\frac{d\delta A}{d\delta m} = \frac{(1-\delta A) \cdot \sum_i \frac{\alpha_i}{\beta_i} \cdot P_i}{(1-\delta m) \cdot (1-X_m) \cdot \sum_i \alpha_i \cdot P_i}, \quad (3)$$

Соответствие обработки полученных расчетных данных проверялось теоретическими оценками с использованием методов квантовой химии и статистической термодинамики. Для этого производились расчёты силового поля модельной молекулы полиэтиленгликоля в рамках теории функционала плотности, с использованием функционала B3LYP [5, 6], диффузной коррекцией D3 [7], модели поля растворителя COSMO [8], набора базисных функций 6-311++G** [9], в программном комплексе ORCA 3.0.3 [10]. Суммарные состояния изотопных форм рассчитывались с использованием модели гармонического осциллятора:

$$Q = \frac{1}{s} \cdot \prod_{i=1}^{N_V} \frac{e^{-\frac{\hbar \omega_i}{2kT}}}{1 - e^{-\frac{\hbar \omega_i}{kT}}}, \quad (4)$$

где s – число симметрии молекулы;

N_V – число колебательных степеней свободы;

ω_i – частота нормального колебания;

k – постоянная Больцмана;

T – абсолютная температура.

Константа равновесия K реакции изотопного обмена между водой и растворенным органическим веществом рассчитывалась из соотношения:

$$K = \frac{Q_{H_2O} \cdot Q_T}{Q_{HTO} \cdot Q_H}, \quad (5)$$

где индексы при суммах по состояниям воды (т.е. H_2O , HTO) и растворенного вещества (H , T) относятся к обычным и изотопно-замещенным формам соответственно.

Графическое представление экспериментальных данных для полиэтиленгликолей с молекулярной массой 400, 1500, 2000 представлено на рисунке 1. Экспериментально определенные константы изотопного равновесия, и расчётные константы представлены в таблице 1. Квантово-химический расчёт проводился для модельной молекулы полиэтиленгликоля, содержащей эфирный атом кислорода, образующий водородную связь с одной молекулой воды. Замещение рассчитывалось как для во-

дорода, образующего связь с эфирным атомом кислорода, так и для атома водорода, не образующего связи (рис. 2).

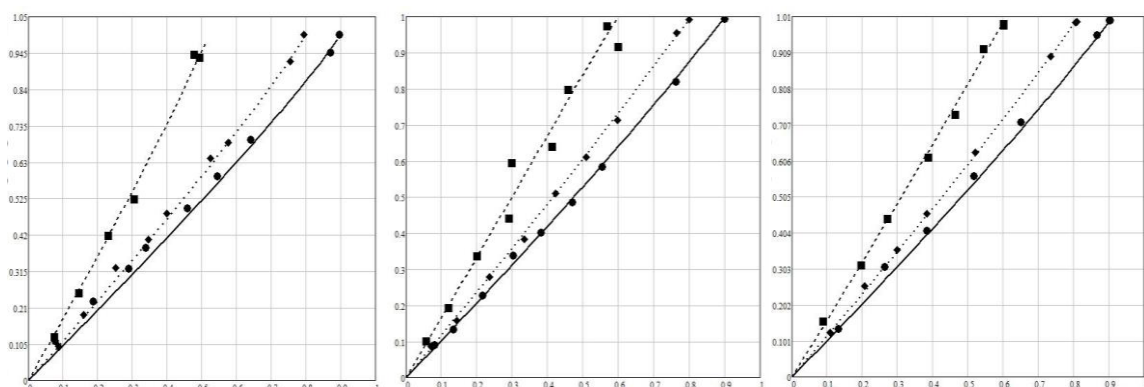


Рис. 1. Зависимость относительной потери активности (ось ординат) от относительной потери массы (ось абсцисс). Точки – экспериментальные данные. Линии – расчетные данные. Слева направо – ПЭГ-400, ПЭГ-1500, ПЭГ-2000; концентрации растворов 10, 20, 40 масс. % для каждой исследуемой системы.

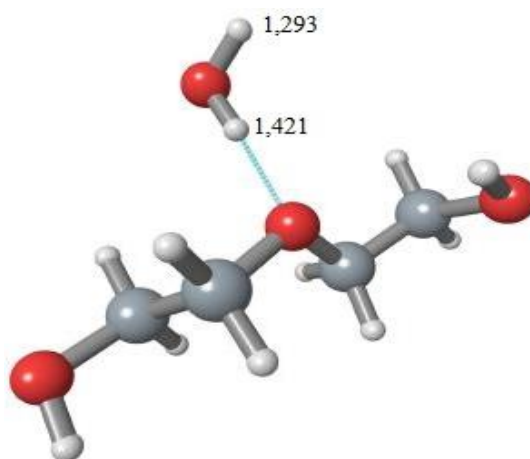


Рис. 2. Модельная расчётная система; числа соответствуют константам изотопного замещения при данных атомах водорода.

Таблица 1

Экспериментальные и расчётные константы равновесия для растворов полиэтиленгликолей

	α_2	α_{12}	$\Delta, \%$	К
ПЭГ-400	1,07	1,22	2,022	1.421 (1.293)
ПЭГ-1500	0,91	1,2	1,718	
ПЭГ-2000	0,99	1,55	1,286	

Из экспериментально определенных характеристик изотопного равновесия следует, что фазовый изотопный эффект α_2 слабо зависит от концентрации и длины цепи исследуемого полимера. Коэффициент распределения α_{12} увеличивается при увеличении длины цепи полимера, что объясняется возможностью образования водородной связи между одним атомом водорода молекулы воды и эфирным атомом кислорода, так и между двумя атомами водорода молекулы воды и эфирными атомами кислородами одной или несколькими молекулами полиэтиленгликоля. Системы вода – полиэтиленгликоль возможно использовать для разделительных процессов с целью концентрирования трития в водных потоках.

Эта работа была выполнена при поддержке Российского Фонда Фундаментальных исследований, грант № 18-33-00225.

Список литературы:

1. Baumgärtner F., Donhaerl W. Non-exchangeable organically bound tritium (OBT): its real nature //Analytical and bioanalytical chemistry. – 2004. – Т. 379. – №. 2. – С. 204-209.
2. Shestakov I. A. et al. Homogeneous isotope equilibrium of tritium in aqueous solutions of carbohydrates: glucose //Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry. – 2018. – Т. 318. – №. 2. – С. 1333-1338.
3. Шестаков И. А., Покальчук В. С., Сазонов А. Б. Термодинамические изотопные эффекты трития в водных растворах гидроксиаминокислот //Успехи в химии и химической технологии. — 2018. — Т. 32, № 9. — С. 15–17.
4. Шестаков И. А., Покальчук В. С., Сазонов А. Б. Термодинамические изотопные эффекты трития в водных растворах гидроксиаминокислот //Успехи в химии и химической технологии. — 2018. — Т. 32, № 9. — С. 15–17.
5. Термодинамические изотопные эффекты трития в молекулах углеводов / А. О. Мариянац, И. А. Шестаков, О. С. Горшкова, А. Б. Сазонов // Вопросы радиационной безопасности. — 2017. — Т. 2017, № 1. — С. 80–87.
6. Becke A. D. Density-functional thermochemistry. III. The role of exact exchange //The Journal of chemical physics. – 1993. – Т. 98. – №. 7. – С. 5648-5652.
7. Lee C., Yang W., Parr R. G. Development of the Colle-Salvetti correlation-energy formula into a functional of the electron density //Physical review B. – 1988. – Т. 37. – №. 2. – С. 785.
8. Marenich A. V., Cramer C. J., Truhlar D. G. Universal solvation model based on solute electron density and on a continuum model of the solvent defined by the bulk dielectric constant and atomic surface tensions //The Journal of Physical Chemistry B. – 2009. – Т. 113. – №. 18. – С. 6378-6396.
9. Neese F. The ORCA program system //Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Molecular Science. – 2012. – Т. 2. – №. 1. – С. 73-78.
10. Neese F. Software update: the ORCA program system, version 4.0 //Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Molecular Science. – 2018. – Т. 8. – №. 1. – С. e1327.

DETERMINATION OF THE DISTRIBUTION COEFFICIENT OF TRITIUM BETWEEN BULK AND HYDRATE WATER IN AQUEOUS SOLUTIONS OF POLYETHYLENE GLYCOLS

I.A. Shestakov¹, V.S. Pokalchuk, J.V. Kondakova

High-Energy Chemistry and Radioecology academic department, Dmitry Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, 125047, Russian Federation, e-mail: ¹iashestakov@yandex.ru

Abstract

The characteristics of tritium isotope exchange in solutions of polyethylene glycols with different molecular weights were determined experimentally. It is shown that the coefficient of the phase isotope effect weakly depends on the length of the polymer chain. The concentration ratio of tritium in hydrated water increases with increasing of the chain length. The concentration of tritium in hydrate water around molecules of polyethylene glycol was confirmed by quantum chemical calculations.

БАКТЕРИОПЛАНКТОН ОБЛАСТИ СМЕШАННЫХ ВОД КАРСКОМОРСКИХ ЭСТУАРИЕВ

**Т.И. Широколобова¹, М.А. Болтенкова¹, М.С. Махотин²,
М.П. Венгер¹, В.В. Водопьянова¹**

¹*Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН,
Мурманск, 183010, Россия, e-mail: shirokolobova@mmbi.info,
boltenkova@mmbi.info, venger@mmbi.info, vodopianova@mmbi.info*

²*Арктический и антарктический НИИ, Санкт-Петербург, 199397, Россия,
e-mail: m-makhotin@mail.ru*

В арктических морях России исследования бактериопланктона эстуариев – экологически важного звена системы река-море, пока немногочисленны и явно недостаточны для обобщающих заключений. Экспедиционный материал, собранный во II декаде сентября 2013 г. (НИС «Профессор Молчанов») на трех меридионально ориентированных разрезах: Обском (выполнено 3 станции), Гыданском (5 станций) и Енисейском (7 станций) с диапазонами глубин, соответственно, 12–28 м, 6–19 м и 8–32 м, призван частично дополнить уже имеющиеся сведения.

В цель работы входило: изучить особенности распределения бактериопланктона и оценить уровень его развития в области смешанных вод эстуариев Карского моря в осенний период.

Термохалинные характеристики устанавливали методом вертикального зондирования (CTD-зонд SBE 19 plus). Воду на микробиологический анализ и определение содержания хлорофилла *a* отбирали по 2–5 стандартным горизонтам. Значения численности и биомассы бактериопланктона получены методом эпифлуоресцентной микроскопии (применяли фильтры производства ОИЯИ (г. Дубна) с диаметром пор 0.2 мкм и краситель DAPI [1]. Концентрацию основного феопигмента в ацетоновых экстрактах находили методом спектрофотометрии (фильтры «Владипор» с диаметром пор 0.45 мкм [2]. В статистическом анализе данных использовали непараметрический метод Манна-Уитни и метод ранговой корреляции Спирмена (r_s).

В ходе измерений гидрологических параметров нестратифицированные воды, с относительно равномерным распределением температуры и солености, были выделены на южных участках Обского и Енисейского разрезов и южном и среднем участке Гыданского разреза. Выше по течению, в мористой части разрезов, воды были стратифицированы с выраженным пикноклином на глубине около 8–10 м. Выше него располагался слой сравнительно прогретых осолоненных вод, ниже – холодных соленых. Гидрологическая характеристика области смешанных вод приведена в таблице 1.

Содержание хлорофилла в водной толще трех эстуариев (табл. 1) соответствовало величине характерной для завершающей стадии вегетации альгоценозов [3]. В поверхностных водах (диапазон солености 2.86–15.21 psu) разрезов и в придонных водах (3.06–17.16 psu) их нестратифицированных участков средние значения концентраций хлорофилла *a* (соответственно, 2.36 и 2.55 мг/м³) были близки и превышали таковые в придонных водах под пикноклином. Здесь значения показателя составляли 1.52 и 0.55 мг/м³ при диапазонах солености, соответственно, 18.29–27.58 и 30.23–32.85 psu. С переходом от осолоненных к распресненным и морским водам их трофность снижалась с эвтрофной до мезотрофной категории [4].

На участках с разной степенью трансформации пресных и морских вод бактериопланктон формировали одиночные клетки размером от 0.004 до 0.013 мкм³, чей вклад в общую численность (в среднем 93 %) и биомассу (78 %) на порядок превос-

ходил вклад агрегированных клеток (на детрите – 4.0 и 5.8 %, соответственно, в микроколониях – 1.6 и 3.0 %, соответственно). Основу обилия сообщества (в среднем 88 %) составляли клетки объемом 0.04 мкм^3. Тенденции в распределении выделенных групп бактерий по профилю нестратифицированных и стратифицированных вод выявлено не было.

Таблица 1

Значения температуры (Т), солености (S) и концентрации хлорофилла *a* (Chl) в водах разрезов карскоморских эстуариев в сентябре 2013 г.

Параметры	Обский разрез, (71.95°–73.52° с.ш.)	Гыданский разрез, (71.17°–73.25° с.ш.)	Енисейский разрез, (72.03°–73.37° с.ш.)
Нестратифицированные воды			
T, °C	6.03–6.32	4.84–7.74	6.53
S, psu	4.96–8.94	2.86–17.16	4.39–4.40
Chl, мг/м ³	3.05–3.59	1.39–2.56	2.45–2.57
Стратифицированные воды			
T, °C	–1.56–6.03	3.09–6.03	–1.25–6.47
S, psu	6.85–32.85	14.05–21.97	4.67–32.41
Chl, мг/м ³	0.46–4.22	1.49–2.60	0.47–3.87

Результаты количественных определений свидетельствовали, что в водах Гыданского разреза, где исследования с применением эпифлюоресцентной микроскопии выполнены впервые, значения численности и биомассы бактериопланктона достоверно не различались со значениями показателей в водах Обского и Енисейского разрезов. Уровень развития микробных сообществ (табл. 2), на фоне повышенной трофности вод, соответствовал уровню, регистрируемому в водоемах мезотрофной категории [5].

Таблица 2

Численность (N_{bak}), биомасса (B_{bak}) и средний объем (V_{bak}) бактериальных клеток в водах разрезов карскоморских эстуариев в сентябре 2013 г.

Параметры	Обский разрез	Гыданский разрез	Енисейский разрез
N _{bak} , млн кл/мл	0.26–1.68	0.44–1.28	0.28–1.46
B _{bak} , мг/м ³	4.00–29.37	11.36–101.58	10.93–65.98
V _{bak} , мкм ³	0.01–0.04	0.01–0.09	0.02–0.09

Линейной зависимости между концентрацией хлорофилла *a* и структурными характеристиками бактериопланктона не установлено. Распределение его сообществ в общих чертах повторяло распределение солености и, с большой долей вероятности, определялось процессами чисто механического смешения. Максимальные величины количественных характеристик бактериопланктона соответствовали осолоненным нестратифицированным водам (средняя численность 0.89 млн кл/мл и биомасса 31.24 мг/м³) и осолоненным водам слоя над пикноклином (соответственно, 0.99 млн кл/мл и 26.22 мг/м³). Минимальные величины – водам с морской соленостью под пикноклином (соответственно, 0.48 млн кл/мл и 13.49 мг/м³). Промежуточное положение занимали величины параметров распресненных вод под пикноклином (соответственно, 0.81 млн кл/мл и 25.06 мг/м³).

В аналогичные сезоны 2012 и 2013 гг. [6] в пресных водах эстуария Карского моря в ходе активного развития альгоценозов численность и биомасса бактериопланктона достигали величин на порядок превышающих зарегистрированные нами в

области смешанных вод. Значения количественных характеристик ее бактериальных сообществ были ниже показателей в зоне смешанных вод карскоморских эстуариев в сентябре 2007 г. [7] и октябре 2010 гг. [8] и выше, чем в сентябре 1993 г. [9]. Диапазоны обилия бактерий в наших исследованиях и полученные в осенний сезон 2007 и 2013 гг. другими авторами [8; 10], являлись сопоставимыми.

Анализ представленных материалов показал, что осенью 2013 г. воды эстуариев Карского моря имели повышенный трофический статус, на фоне которого количественные показатели бактериопланктона в осолоненных и распресненных водах были на порядок ниже значений в пресных водах и в 2 раза выше, чем в морских. Уровень развития микробных сообществ характеризовал область смешанных вод в целом как мезотрофную. Относительно равномерное распределение бактериопланктона в ее нестратифицированных участках контрастировало с резким градиентом его параметров в стратифицированных участках со слабосолеными и морскими водами.

Эта работа выполнена по теме 9-17-01 (133) в рамках госзадания № 0228-2019-0003.

Список литературы:

1. Porter K.G., Feig Y.S. The use of DAPI for identifying and counting of aquatic microflora // *Limnol. Oceanogr.* – 1980. Vol. 25. – P. 943–948.
2. Вода. Методика спектрофотометрического определения хлорофилла а // Государственный контроль качества воды. – М.: ИПК Изд-во стандартов. – 2001. – С. 551–563.
3. Ведерников В.И., Демидов А.Б., Судьбин А.И. Первичная продукция и хлорофилл в Карском море в сентябре 1993 г. // *Океанология.* – 1994. т. 34. – № 5. – С. 693–703.
4. Алимов А. Ф. Введение в продукционную гидробиологию. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 152 с.
5. Сорокин Ю. И., Вшивцев В. С., Домников В.С. Биологическая структура вод, ее изменчивость и состояние гидробионтов // *Техногенное загрязнение и процессы естественного самоочищения.* – М.: Недра. – 1996. – С. 266–312.
6. Павлова М.А., Макаревич П.Р., Широколобова Т.И. Сообщества бактерий и вирусов в водах Обской и Тазовской губ // *Докл. РАН.* – 2016. Том 471. – № 4. – С. 503–507.
7. Саввичев А.С., Захарова Е.Е., Веслополова Е.Ф., Русанов И.И., Леин А.Ю., Иванов М.В. Микробные процессы циклов углерода и серы в Карском море // *Океанология.* – 2010. Том 50. – № 6. – С. 942–957.
8. Романова Н.Д. Структурно-функциональные характеристики бактериопланктона Карского моря: автореф. дис...канд. биол. наук. М., 2012. 26 с.
9. Мицкевич И.Н., Намсараев Б.Б. Численность и распределение бактериопланктона в Карском море в сентябре 1993 г. // *Океанология.* – 1994. Том 34. – № 5. – С. 704–708.
10. Копылов А.И., Сажин А.Ф., Заботкина Е.А., Романенко А.В., Романова Н.Д. Вирио- и бактериопланктон в эстуарной зоне реки Обь и прилегающих районах шельфа Карского моря // *Океанология.* – 2017. Том 57. – № 1. – С. 118–127.

**BACTERIOPLANKTON OF MIXED WATER AREAS
IN KARA SEA ESTUARIES**

**T.I. Shirokolobova¹, M.A. Boltenkova¹, M.C. Makhotin²,
M.P. Venger¹, B.B. Vodopianova¹**

¹*Murmansk Marine Biological Institute KSC RAS,*

Murmansk, 183010, Russia, e-mail: shirokolobova@mmbi.info,

boltenkova@mmbi.info, venger@mmbi.info, vodopianova@mmbi.info

²*Arctic and Antarctic Research Institute, Saint Petersburg, 199397, Russia,
e-mail: m-makhotin@mail.ru*

Abstract

In the present study we investigated bacterioplankton communities from the bays of Ob', Gydan and Yenisei rivers at the time of sampling in September 2013. Our results suggest that a significant part of mixed estuary waters zones is mesotrophic as indicated by bacterioplankton abundance. Distribution of the bacterioplankton communities followed the salinity distribution – from uniform in non-stratified brackish waters to sharp gradients of their abundance and biomass in stratified waters separated by pycnocline into brackish and marine.

ВЗАИМОСВЯЗЬ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕКИСНОГО ОКИСЛЕНИЯ ЛИПИДОВ С ИНТЕНСИВНОСТЬЮ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ БИОСЕНСОРА «ЭКОЛЮМ»

Л.Н. Шишкина¹, А.Ю. Повх¹, В.О. Швыдкий¹, Е.В. Штамм²

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля РАН, г. Москва, 119334, Россия, e-mail: shishkina@sky.chph.ras.ru

² Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химической физики им. Н.Н. Семенова РАН, г. Москва, 119334, Россия, e-mail: ekochem@yandex.ru

Глобальное ухудшение экологического состояния гидросферы обусловлено способностью токсикантов перемещаться на огромные расстояния от источников загрязнения. Это приводит к появлению обширных территорий, биота которых подвергается хроническому воздействию факторов разной природы. Непредсказуемость совместного действия факторов вызывает необходимость разработки экспрессных методов и различных тест-систем для оценки состояния водных объектов. Методы биотестирования рассматриваются как наиболее информативные для токсикологической оценки сточных вод, поступающих в водную среду [1-4]. В качестве быстрого и количественного теста на химическую токсичность и безопасность проб воды и водных вытяжек из различных объектов широко распространен люминесцентный бактериальный тест, основанный на тушении свечения бактерий загрязнителями различной природы. Распространению данного метода способствовало и создание чувствительных биосенсоров, использующих в качестве тест-объектов препараты лиофилизированных люминесцентных бактерий или ферментные системы.

Однако уже в работах 80-х и 90-х годов прошлого столетия было обнаружено, что функционирование мембраносвязанной люциферазы регулируется многими факторами. Так, было показано, что специфическими активаторами и стабилизаторами люциферазы светлячков являются холинсодержащие фосфолипиды (ФЛ) [5], а продукты Fe^{2+} -индуцированного перекисного окисления липидов (ПОЛ) стимулируют биолюминесцентную активность бактериальной люциферазы [6]. Это обуславливает необходимость более детального исследования интенсивности люминесценции биосенсора «Эколюм» в зависимости от интенсивности окислительных процессов в системе.

В качестве источника биолюминесценции в работе использован препарат «Эколюм», разработанный в МГУ им. М.В. Ломоносова и представляющий собой лиофилизированные люминесцентные бактерии. Регистрацию интенсивности люминесценции раствора бактерий в 0,3%-ном растворе хлорида натрия в дистиллированной воде осуществляли с помощью биолюминометра 8810 (СКТБ «Наука», Красноярск). Соевый лецитин (Харьков, Украина) в виде 10%-ного раствора в этаноле являлся источником природных липидов. После отгонки этанола лецитин растворяли либо в хлороформе для анализа состава липидов в препарате, либо в 0,3%-ном растворе хлорида натрия в дистиллированной воде в экспериментах со светящимися бактериями.

Качественный и количественный состав фосфолипидов препаратов лецитина определяли с помощью метода ТСХ [7], экспериментальная процедура которого подробно изложена в работе [8]. Спонтанное окисление раствора лецитина в водной среде при 20° С оценивали по содержанию продуктов окисления, реагирующих с 2-тиобарбитуровой кислотой (ТБК-активные продукты, ТБК-АП), определенному по методу [9].

Экспериментальные данные обрабатывали стандартными методами вариационной статистики, используя МО Excel. Результаты представлены в виде среднеарифметических величин с указанием их средних квадратичных ошибок ($M \pm m$).

Прежде всего необходимо отметить, что интенсивность люминесценции суспензии бактерий достаточно стабильна: в течение 30 мин наблюдается лишь тенденция ее незначительного уменьшения. Так, когда в разных экспериментах исходная интенсивность свечения в условных единицах (вольт) составляла $0,204 \pm 0,006$ ($n = 12$) и $0,1885 \pm 0,006$ ($n = 24$), то спустя 30 мин экспозиции ее величины равнялись $0,177 \pm 0,005$ ($n = 12$) и $0,174 \pm 0,0045$ ($n = 24$) соответственно. Совпадение в разных опытах уровня свечения после 30-ти минутной экспозиции позволяет заключить, что оценку влияния компонентов среды на интенсивность люминесценции целесообразно проводить через 30 мин после начала эксперимента.

Среди органических соединений основными субстратами окисления в биологических объектах выступают ФЛ. Лецитин является смесью природных липидов, более 50% которых представлены ФЛ. В силу высокой лабильности липидов природных объектов разные партии лецитина характеризуется существенными различиями состава ФЛ [10]. По данным ТСХ, доля ФЛ в составе общих липидов использованной в работе партии лецитина была $64,1 \pm 2,7\%$ ($n = 9$), а относительное содержание основной фракции – фосфатидилхолина в составе ФЛ составляло $80,9 \pm 0,8\%$ ($n = 5$). Среди минорных фракций ФЛ преобладали сфингомиелин ($4,47 \pm 0,36\%$), фосфатидилэтаноламин ($3,90 \pm 0,36\%$) и лизоформы ФЛ ($3,66 \pm 0,04\%$). Спонтанное окисление лецитина в полярной среде, безусловно, зависит от его концентрации, что следует из данных, представленных на рис. 1.

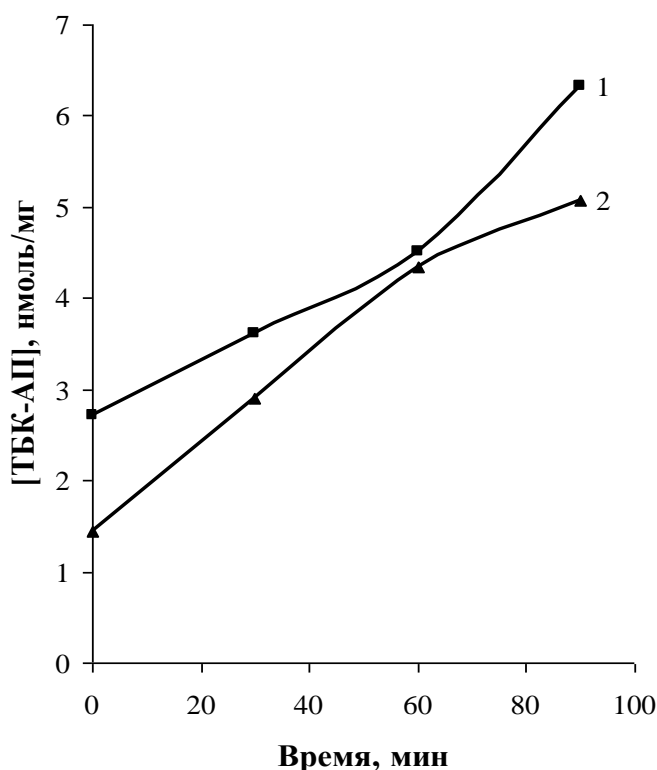


Рис. 1. Кинетические кривые концентрации ТБК-активных продуктов в расчете на 1 мг лецитина при его спонтанном окислении при 20° С в 0,3%-ном водном растворе хлорида натрия в зависимости от исходной концентрации лецитина: 1 – $6,1 \times 10^{-5}$ моль/л; 2 – $3,8 \times 10^{-5}$ моль/л.

Как видно из этих данных, увеличение концентрации лецитина сопровождается ростом интенсивности ПОЛ в среде, поскольку именно по содержанию ТБК-активных продуктов обычно судят об интенсивности процессов ПОЛ в сложных системах. Одновременно были проведены измерения интенсивности люминесценции

препарата «Эколюм» после его 30-ти минутной экспозиции с лецитином разной степени окисленности. Результаты представлены на рис. 2. Видно, что присутствие в среде лецитина в более высокой концентрации вызывает рост интенсивности люминесценции на 22 – 40%, однако зависимость между увеличением интенсивности свечения и содержанием продуктов окисления имеет не прямой, а обратный характер (рис. 2, линия 1).

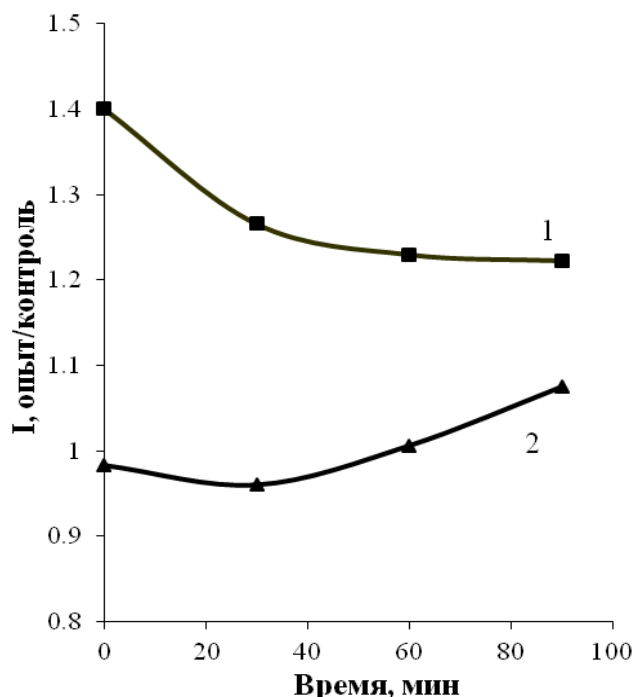


Рис. 2. Относительное изменение интенсивности люминесценции препарата «Эколюм» после 30-ти минутной экспозиции в присутствии лецитина в зависимости от времени его спонтанного окисления при 20° С и концентрации: 1 – $6,1 \times 10^{-5}$ моль/л; 2 – $3,8 \times 10^{-5}$ моль/л

При уменьшении как концентрации лецитина, так и исходной степени его окисленности интенсивность люминесценции либо практически не отличается от контроля, либо возрастает (рис.2, линия 2) до 13,8% при окислении лецитина в течение 2-х часов. С одной стороны, полученные результаты соответствуют данным литературы о влиянии интенсивности ПОЛ на интенсивность люминесценции бактериальной люциферазы, с другой, - свидетельствуют о неоднозначной и сложной связи между этими процессами.

Наиболее четко последнее предположение подтверждают результаты экспериментов по влиянию ионов Cu^{2+} на интенсивность свечения и спонтанное окисление лецитина. Ионы Cu^{2+} являются как инициаторами ПОЛ [11], так и обладают выраженными токсичными свойствами [12]. При наличии в реакционной системе ионов меди и лецитина в эквимольных концентрациях ($[\text{Cu}^{2+}] = [\text{лецитин}] = 3,8 \times 10^{-5}$ моль/л) содержание ТБК-активных продуктов возрастает в 4 раза по сравнению с их уровнем в лецитине уже в первые минуты реакции. Исследование влияния ионов Cu^{2+} на интенсивность люминесценции препарата выявило зависимость эффекта от концентрации токсиканта. Так, присутствие ионов меди (II) в суспензии бактерий в концентрации $7,7 \times 10^{-6}$ моль/л практически не влияет на интенсивность свечения ($0,188 \pm 0,007$ в контроле и $0,184 \pm 0,014$ в опыте), а увеличение концентрации Cu^{2+} до $3,37 \times 10^{-4}$ моль/л вызывает снижение интенсивности свечения до $0,045 \pm 0,0045$, т.е. в 4,2 раза. Предполагается, что резкое снижение интенсивности свечения бактериальной люциферазы свидетельствует о высокой степени токсичности среды.

Совокупность представленных данных позволяет сделать заключение о сложном и неоднозначном механизме взаимосвязи интенсивности процессов ПОЛ с интен-

сивность свечения биосенсора «Эколюм». Для более адекватной оценки токсичных свойств среды необходимы как дополнительная проверка токсичности на других биологических модельных системах, так и привлечение кинетических методов для оценки способности компонентов среды принимать участие в регуляции окислительных процессов, поскольку увеличение интенсивности свечения, очевидно, обусловлено возрастанием интенсивности ПОЛ.

Список литературы:

1. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование / под ред. О.Р. Мелеховой и Е.И. Сапрапульцевой. – М.: Издательский дом «Академия», 2010. – 288 с.
2. Штамм Е.В. Биотестирование в оценке эффективности технологий очистки сточных вод / Е.В. Штамм, Ю.И. Скурлатов, Н.Б. Козлова, Н.Д. Зайцева, Е.В. Александрова // Водные ресурсы. 2011. – Т. 38 – № 2 - С. 232 – 238.
3. Захаров И.С. / Методы и средства микробиотестирования токсичности водных сред / И.С. Захаров, И.В.Алешин // Фундаментальная и прикладная гидрофизика. – 2015. Т. 8. - № 2. – С. 75 – 95.
4. Фомичева Г.П. Изучение токсичности фракций нефтепродуктов методом биотестирования / Г.П. Фомичева, Б.М. Насибулина, А.М. Камакин, И.В. Федорова, Р.С. Мунер // Естественные науки. – 2016. – № 4(57). – С. 22 – 29.
5. Духович А.Ф. Холинсодержащие фосфолипиды – специфические активаторы и стабилизаторы люциферазы светляков / А.Ф. Духович, Н.Ю. Филиппова, Н.Н. Угарова, И.В. Березин // Доклады АН СССР. – 1988. – Т. 298. – № 5. – С. 1257 – 1260.
6. Берия Л.В. Стимуляция биолюминесцентной активности бактериальной люциферазы продуктами Fe^{2+} -индуцированного перекисного окисления липидов / Л.В. Берия, А.Д. Исмаилов, В.С. Данилов // Биохимия. – 1991. – Т. 56. – Вып. 3 – С. 477 – 485.
7. Shishkina L.N. The combined effect of surfactant and acute irradiation at low dose on lipid peroxidation processes in tissues and DNA content in blood plasma of mice / L.N. Shishkina, Ye.V. Kushnireva, M.A. Smotryaeva // Oxidation Commun. – 2001. – V. 24, № 2, –P. 276 – 286.
8. Asakawa T. Coloring Conditions of Thiobarbituric Acid Test for Detecting Lipid Hydroperoxides / T. Asakawa, S. Matsushita // Lipids. – 1980. – V. 15, No 3. –P. 1137 –1140.
9. Биологические мембраны. Методы / Под ред. Дж.Б. Финдлея, У.Г. Эванза. – М.: Мир, 1990. – 424 с.
10. Маракулина К.М. Влияние природы фосфолипидов на масштаб их взаимодействия с антиоксидантами нового класса – изоборнилфенолами / К.М. Маракулина, Р.В. Крамор, Ю.К. Луканина, И.Г. Плащина, А.В. Поляков, И.В. Федорова, И.Ю. Чукичева, А.В. Кучин, Л.Н. Шишкина // ЖФХ. – 2016. – Т. 90, - № 2. – С. 182 – 189.
11. Jones C.M. EPR spin-trapping evidence for the direct, one-electron reduction of tert-butylhydroperoxide to the tert-butoxyl radical by copper(II): paradigm a previously overlooked reaction in the initiation of lipid peroxidation / C.M. Jones, M.J. Burkitt // J. Am. Chem. Soc. – 2003. – V. 125. – N. 23. – P. 6946 – 6954.
12. Lyalina E.I. Comprehensive chemical-toxicological research of copper(II) sulfate solutions containing reduced glutation / E.I. Lyalina, A.I. Fokina, T.Ya. Ashikhmina, A.S. Olkova, E.V. Veresneva, L.V. Darovskikh, A.S. Yarmolenko // Теоретическая и прикладная экология. – 2018. – № 2. – С. 101 – 107.

**INTERRELATION BETWEEN THE LIPID PEROXIDATION PROCESSES AND
THE LUMINESCENCE INTENSITY OF “EKOLUM” BIOSENSOR**

L.N. Shishkina¹, A.Yu. Povkh¹, V.O. Shvydkiy¹, E.V. Shtamm²

*¹Emanuel Institute of Biochemical Physics of Russian Academy of Sciences, Moscow,
119334, Russia, e-mail: shishkina@sky.chph.ras.ru*

*²Semenov Institute of Chemical Physics of Russian Academy of Sciences, Moscow,
119334, Россия, e-mail: ekochem@yandex.ru*

Abstract

The influence of lecithin and Cu(II) ions on the luminescence intensity of “Ekolum” biosensor was studied. The comparative analysis between the luminescence intensity depending on the lecithin and Cu(II) ions concentrations and the content of the oxidation products under the spontaneous oxidation of lecithin at 20° C was performed. The complex and unequal character of the interrelation between the intensity of bacterial luciferase, the toxicity of medium and the lipid peroxidation intensity was revealed. Data obtained testifies to the necessity of the additional estimation both the toxicity of medium on another biological model objects and the ability of the medium components to take part in the lipid peroxidation processes.

ДИНАМИКА РАДИАЦИОННЫХ РИСКОВ СОДЕРЖАНИЯ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА В ОТДАЛЕННЫЙ ПЕРИОД ПОСЛЕ РАДИАЦИОННЫХ АВАРИЙ

А.Э. Шкаев¹, Н.А. Шкаева²

¹ГНУ Всероссийский научно-исследовательский институт ветеринарной вирусологии и микробиологии Россельхозакадемии, пос. Вольгинский, Владимирская область, 601120, Россия

²ФГБОУ ВПО „Южно-Уральский государственный университет” (НИУ), г. Челябинск, 454080, Россия, e-mail: shkna@rambler.ru

В последние годы придается большое значение радиационным рискам и их оценке. Как правило, радиационные риски являются частью экологических рисков и связаны с присутствием в окружающей среде радионуклидов природного и техногенного происхождения.

Негативные изменения связаны, в основном, с последствиями техногенных катастроф на предприятиях ядерного цикла. Животные являются уязвимым компонентом экосистем к воздействию техногенных факторов и, в том числе, к ионизирующим излучениям [1,2, 3, 4].

Под риском понимаем вероятность возникновения конкретного нежелательного события в конкретный период времени или в конкретных обстоятельствах [5, 6, 8, 9].

Наиболее распространенным заболеванием среди крупного рогатого скота на территории России остается лейкоз.

По данным департамента ветеринарии МСХ РФ в 2017 г. лейкоз крупного рогатого скота регистрировался в 67 субъектах Российской Федерации (в 2016 г - в 68 субъектах). Число больных животных за три последних года несколько сократилось с 34,2 тыс. голов в 2015 г. до 28,9 тыс. голов в 2017 г., количество вновь выявленных неблагополучных пунктов снизилось с 271 до 207 пунктов. Количество неблагополучных пунктов, регистрировавшихся на конец года, сократилось с 1974 до 1676 пунктов.

Челябинская область относится к одному из наиболее неблагополучных субъектов Российской Федерации по лейкозу крупного рогатого скота.

Целью работы являлась изучение динамики радиоэкологических рисков, а также механизмов распространения, прогнозирования эпизоотического процесса лейкоза крупного рогатого скота в отдаленный период после радиационных аварий.

В Челябинской области анализировали результаты исследований полученные в период с 1993 по 2017 гг. на территории 5 районов Восточно-Уральского радиоактивного следа (ВУРС) и в зоне влияния рек Течи и Багаряк: Аргаяшском, Каслинском, Красноармейском, Кунашакском и Сосновском, которые были загрязнены радиоактивными выпадениями после аварии ПО «Маяк» в 1957 г. [7, 11]. Контролем для них служили условно чистые в радиологическом отношении 23 района этой области.

Источниками информации служили отчеты районных и областной ветеринарных служб и ветеринарных лабораторий, карты и атласы, характеризующие природные и социально экономические условия, напряженность экологической ситуации.

Обработка результатов проводили стандартными методами.

Использовали когортное исследование, которое дает возможность оценить интенсивность воздействия фактора риска по характеру вызываемого им эффекта, возможность количественной оценки гипотез о вероятной роли факторов осложнения эпизоотической ситуации [10].

Принципиальная модель расчета показателей риска при когортном исследовании имела следующий вид (табл.1).

Таблица 1

Матрица формата 2x2 двух дихотомических переменных болезнетворного фактора и болезни

Воздействие фактора риска	Заболели	Не заболели	Всего
Подвергшиеся	a	b	a+b
Не подвергшиеся	c	d	c+d
Итого	a+c	b+c	a+c+b+d

На основе таблицы 1 рассчитывали показатели напряженности эпизоотического процесса в когорте, подвергшейся воздействию фактора риска - равна $a/(a+b)$; показателя напряженности эпизоотического процесса в когорте, не подвергшейся воздействию фактора риска - равна $c/(c+d)$.

Таблица 2

Результаты анализа влияния факторов ВУРС по области на напряженность эпизоотической ситуации по ВЛКРС

Показатель напряженности	AR	RRp	ORp	AFp	χ^2
Превалентность лейкоза КРС при серологических исследованиях	15,4 %	1,56	1,14	0,12	4,83
Выявление больных лейкозом коров гематологическим методом	10,2 %	1,9	0,44	0,202	10,4
Регистрация неблагополучных пунктов	6,62 %	1,11	1,104	0,103	4,22
Выбраковка скота по причине лейкоза	14 %	5,55	1,74	0,82	5,019

Используя данные о неблагополучных пунктах по лейкозу крупного рогатого скота в Челябинской области в 1993 – 2018 гг. был рассчитан показатель абсолютно риска AR. Его числовое значение 6,62%. Следовательно, частота регистрации неблагополучных по лейкозу крупного рогатого скота на территории ВУРС на 6,62 % превышает частоту регистрации неблагополучных пунктов на территории свободной от радиоактивного загрязнения.

По результатам расчета индекса относительного риска RRp – 1,11 сделано заключение, что на территории ВУРС частота регистрации неблагополучных по лейкозу крупного рогатого скота в 1,11 раза выше, чем в незагрязненной зоне.

Отношение шансов ORp свидетельствует о том, что на территории ВУРС риск регистрации неблагополучных по лейкозу крупного рогатого скота в 1,104 раза выше, чем вне ВУРС.

Индекс атрибутивного, добавочного риска AFp свидетельствует о том, что доля частоты регистрации неблагополучных по лейкозу крупного рогатого скота пунктов, обусловленная радиоактивным загрязнением территории составляет 0,103.

Показатель абсолютно риска AR превалентности лейкоза крупного рогатого скота при серологических исследованиях был равен 15,4%. Частота положительно реагирующего на лейкоз крупного рогатого скота на территории ВУРС на 15,4% превышает частоту положительно реагирующего на лейкоз крупного рогатого скота на территории свободной от радиоактивного загрязнения.

По результатам расчета индекса относительного риска RRp – 1,56 сделано заключение, что на территории ВУРС частота положительно реагирующего на лейкоз крупного рогатого скота в 1,56 раза выше, чем в незагрязненной зоне.

Отношение шансов ORp свидетельствует о том, что на территории ВУРС риск установления положительно реагирующего на лейкоз крупного рогатого скота в 1,14 раза выше по сравнению с территорией вне ВУРС.

Индекс атрибутивного, добавочного риска AFp свидетельствует о том, что доля положительно реагирующего на лейкоз крупного рогатого скота, обусловленная радиоактивным загрязнением территории, составляет 0,12.

По результатам гематологических исследований рассчитан показатель абсолютного риска AR . Его числовое значение 10,2%. Частота заболеваний лейкозом крупного рогатого скота на территории ВУРС на 10,2% превышает частоту заболеваний лейкозом на территории свободной от радиоактивного загрязнения.

По результатам расчета индекса относительного риска RRp – 1,9 сделано заключение, что на территории ВУРС частота заболеваний лейкозом крупного рогатого скота в 1,9 раза выше по сравнению с незагрязненной зоной.

Отношение шансов ORp свидетельствует о том, что на территории ВУРС риск заболеваний лейкозом крупного рогатого скота в 0,44 раза выше чем вне ВУРС.

Индекс атрибутивного, добавочного риска AFp свидетельствует о том, что доля заболеваний лейкозом крупного рогатого скота, обусловленная радиоактивным загрязнением территории, составляет 0,202

Рассчитанное значение абсолютного риска выбраковки скота по причине лейкоза показывает, что в зоне ВУРС выбраковано крупного рогатого скота по причине лейкоза на 14% больше, чем вне её.

По результатам расчета индекса относительного риска RRp – 5,55 сделано заключение, что на территории ВУРС выбраковано крупного рогатого скота по причине лейкоза в 5,55 раза выше, чем в незагрязненной зоне.

Отношение шансов ORp свидетельствует о том, что на территории ВУРС риск выбраковки скота по причине лейкоза в 1,74 раза выше, чем вне ВУРС.

Индекс атрибутивного, добавочного риска AFp свидетельствует о том, что доля выбраковки крупного рогатого скота по причине лейкоза, обусловленная радиоактивным загрязнением территории, составляет 0,82.

Методом расчета χ^2 по всем четырем параметрам напряженности эпизоотического процесса лейкоза крупного рогатого скота установлены статистически значимые различия в его проявлении на территории ВУРС и контрольной территории ($\alpha < 0,05$). При этом значения показателей напряженности эпизоотического процесса были выше на ВУРС, чем за его пределами.

В результате подтверждена, гипотеза о связи между радиоактивным загрязнением территории и напряженностью эпизоотической ситуации по лейкозу крупного рогатого скота при достоверном уровне значимости.

Набор критериев, предназначенных для оценки радиоэкологических рисков, отражающих распространенность лейкоза крупного рогатого скота на территории Челябинской, может быть использованы для прогнозирования и оценки эпизоотической ситуации при опосредованном радиационном воздействии в отдаленный период после радиационных аварий.

Влияние всех рассмотренных факторов на распространение ВЛКРС, в отделенный период после радиационных аварий незначительно. Полученные оценки рисков для крупного рогатого скота соответствует индивидуальному уровню риска организма животных.

Список литературы:

1. Бударков, В.А. Обоснование выбора крупного рогатого скота как одного из референтных организмов в системе защиты окружающей среды от радиации / В.А.Бударков // Радиационная биология. Радиоэкология. 2009.- Т. 49. - № 2. - С. 180-186.

2. Крышев И.И. Рязанцев Е.П. Экологическая безопасность ядерно-экологического комплекса России. ИздАт, 2010. – 496 с.
3. Методические положения по имитационному моделированию эпизоотической ситуации для усовершенствования ветеринарных мероприятий на радиоактивно загрязненной территории (на примере лейкоза крупного рогатого скота в Челябинской области) – (Утверждены академиком-секретарем Отделения ветеринарной медицины Россельхозакадемии А.М. Смирновым 24.11. 2010).
4. Методические рекомендации по профилактике и оздоровлению крупного рогатого скота от лейкозов в Челябинской области. (утв. академиком секретарем Отделения ветеринарной медицины Россельхозакадемии академиком Россельхозакадемии А.М. Смирновым 28.11.2007 г.). М, 2007, 43 с.
5. Методические рекомендации по ведению эпизоотологического мониторинга экзотических особо опасных и малоизученных болезней животных / И.А. Бакулов, А.В. Книзе, А.А. Стрижаков, Н.В. Дмитренко, В.А. Филоматова. – Покров.: ВНИИВВиМ, 2007, - 79с.
6. Оценка радиозоологических рисков распространения лейкозов крупного рогатого скота на ВУРС Челябинской области. / Бударков В.А., Книзе А.В., Шкаева Н.А., Шкаев А.Э. // Сборник трудов совещания Проблемы техногенного воздействия на сферу агропромышленного производства: теория и практика. Обнинск, 2011. С. 68-78.
7. Сборник радиационно-гигиенических паспортов административных территорий, входящих в зону радиоактивного загрязнения Челябинской области / под ред. Э.М.Кравцовой. – Челябинск: Издатель Татьяна Лурье, 2001. – 364 с.
8. Сынзыныс, Б.И. Экологический риск / Сынзыныс, Б.И., Тянтова, Е.Н., Мелихова, О.П. – М.: Логос, 2005. – 167 с.
9. Черкасский Б.Л. Риск в эпидемиологии. – М.; Практическая медицина» 2007. – 480 с.
10. Шкаев, А.Э. Оценка радиологических рисков распространения лейкоза крупного рогатого скота на территории Челябинской области: автореф. дисс. к. б. н./ Шкаев Артём Эхкамович; Казань, 2013. – 28
11. <http://www.oie.int/wahis/public.php> – OIE World Animal Health Information Database

DYNAMICS OF RADIATION RISKS CONTENT OF CATTLE DURING A LONG PERIOD AFTER RADIATION ACCIDENTS

A.E. Shkaev¹, N.A. Shkaeva²

¹*State Science Institution National Research Institute of Veterinary Virology and Microbiology of Russian Academy of Agricultural Sciences, pos. Volginsky, Vladimir Region, 601120, Russia*

²*Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education “South Ural State University (national research university)” FSAEIHE SUSU (NRU), Chelyabinsk, 454080, Russia, e-mail: shkna@rambler.ru*

Abstract

In recent years, great importance is attached to radiation risks and their assessment. As a rule, radiation risks are part of environmental risks and are associated with the presence in the environment of radionuclides of natural and technogenic origin.

Negative changes are mainly connected with the consequences of man-made disasters at the enterprises of the nuclear cycle. Animals are a vulnerable component of ecosystems to the effects of man-made factors, including, to ionizing radiation.

The resulting risk assessments for cattle correspond to the individual risk level of the animal body.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ЦЕЛЕВОЙ РЕГИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ НА ПРИМЕРЕ КАЛУЖСКОЙ ОБЛАСТИ

Р.Р. Шошина¹, А.Д. Молодык¹, Г.А. Ваганов²

¹ООО фирма «Экоаналитика», г. Калуга, 248033, Россия,
e-mail: ecoanalyt.kaluga@yandex.ru

²Московско-Окское бассейновое водное управление, отдел водных ресурсов
по Калужской области, г. Калуга, 248000, Россия, e-mail: kaluga@m-obvu.ru

Калужская область относится к числу регионов, имеющих обширную и разветвленную речную систему. При этом значительное количество рек региона подвержено техногенному воздействию сбросов сточных вод [1]. Результаты экологического мониторинга поверхностных водных объектов, ежегодно проводимые региональным министерством природных ресурсов, являются основным источником информации о качестве рек и антропогенной нагрузке на них. Однако, как показывает практика [2], получаемые в рамках таких работ сведения имеют ряд особенностей и ограничений, затрудняющих их использование в целях регулирования антропогенной нагрузки на водные объекты [3]. В первую очередь, это связано с высокими затратами на реализацию достаточной сети наблюдений. Во-вторых, при проведении государственного мониторинга невозможно выделить техногенное загрязнение из довольно обширного набора показателей качества воды, регламентированных общероссийскими требованиями. При этом влияние природных загрязнений водных объектов может быть довольно значительным и маскировать техногенную составляющую воздействия. В связи с этим, в 2018 году сотрудниками ООО фирма «Экоаналитика» была разработана концепция целевой региональной системы мониторинга поверхностных водных объектов (концепция) [4]. В данной работе целью является рассмотрение результатов практического применения концепции при проведении процедуры мониторинга поверхностных водных объектов на примере Калужской области.

Объекты и методы. Методическая основа предлагаемой концепции основана на совместном использовании результатов импактного мониторинга (производственного контроля, проведенного водопользователями) и результатов регионального мониторинга. Такой подход позволяет предложить оптимизированный вариант региональной системы мониторинга водных объектов, базирующийся на консолидации усилий власти и бизнеса. При этом основное внимание должно уделяться тем факторам загрязнения водотоков, которыми можно управлять [4]. Практическое применение целевой региональной системы мониторинга предполагает следующие исследования:

I блок. Анализ фундаментальной составляющей сведений о состоянии водотоков – результатов производственного контроля предприятий, характеризующих техногенное воздействие сточных вод на водные объекты и отражающих качество вод до и после сброса. В качестве основных контролируемых параметров используются характерные для региона показатели состава сбросов и состояния водных объектов.

II блок. Дополнение результатов производственного контроля данными, полученными в ходе мониторинга региональной сети наблюдений. Наблюдательные створы этой сети располагаются ниже по течению, в устьевых и приустьевых участках водотоков. Данные створы предназначены для оценки ассимиляционной способности соответствующего водотока и возможного воздействия его на основную реку.

Апробирование предложенного подхода было проведено в Калужской области по результатам наблюдений, проведенных в рамках исполнения государственного

мониторинга поверхностных водных объектов в 2018 году. Результаты мониторинга находятся в открытом доступе в сети Интернет на портале органов власти Калужской области (<http://old.admoblkaluga.ru/ecology/>). Так, нами были обобщены сведения по 112 выпускам сточных вод в 57 водотоках Калужской области по результатам импактного мониторинга (производственного контроля). В дополнение к результатам производственного контроля проведен анализ наблюдений по программе регионального мониторинга приустьевых и устьевых створов 17 водотоков Калужской области. Местоположения створов наблюдений выбраны с учетом необходимости отслеживания качества воды потенциально нагруженных зон.

Анализ химического состава проб воды выполнен в аккредитованной лаборатории экологических и физико-химических исследований ООО фирма «Экоаналитика» аттестат аккредитации № РОСС.RU.0001.513700 от 02.12.2016г. по стандартным, общепринятым методикам. Оценка качества водных объектов провели на основе интегральных гидрохимических индикаторов в соответствии с Методическими указаниями [5]. Ранее нами [2] для оценки влияния сбросов сточных вод природопользователей Калужской области использованы 6 наиболее характерных для данных сбросов показателей, имеющих наибольшие превышения ПДК. Показатели выявлены в ходе комплексного анализа и систематизации результатов мониторинга поверхностных водных объектов за предыдущие годы. В набор вошли следующие показатели: аммоний, нитриты, БПК, фосфаты, нефтепродукты, АПАВ. Эти показатели были приняты в качестве регионального стандартного набора [4] и использовались также при оценке качества устьевых и приустьевых участков водных объектов.

Результаты и их обсуждение. *Результаты реализации I блока. Оценка состояния водотоков по результатам производственного контроля предприятий.*

Реализация первого блока концепции, заключается в анализе статистической отчетности по форме №2-ТП (водхоз). В данной отчетности, водопользователи ежегодно отражают структуру и качество сбросов предприятия.

Обобщенные результаты оценки качества воды в местах сброса сточных вод по данным производственного контроля представлены на рис. 1. Как видно из рисунка, качество воды в фоновых створах (створы, расположенные выше сброса сточных вод) в большинстве случаев имеют градацию «условно чистая» – «слабо загрязненная». Возможно, такое качество воды необходимо рассматривать как усредненное региональное фоновое состояние водотоков Калужской области при оценке его по региональному набору показателей. Тогда как качество воды в створах воздействия стоков на водные объекты (створы, расположенные ниже сброса сточных вод) сдвигается в сторону градаций «загрязненная» - «экстремально грязная». Это показывает, что недостаточно очищенные сточные воды в подавляющем числе случаев могут оказывать негативное воздействие на водные объекты в местах их сброса.

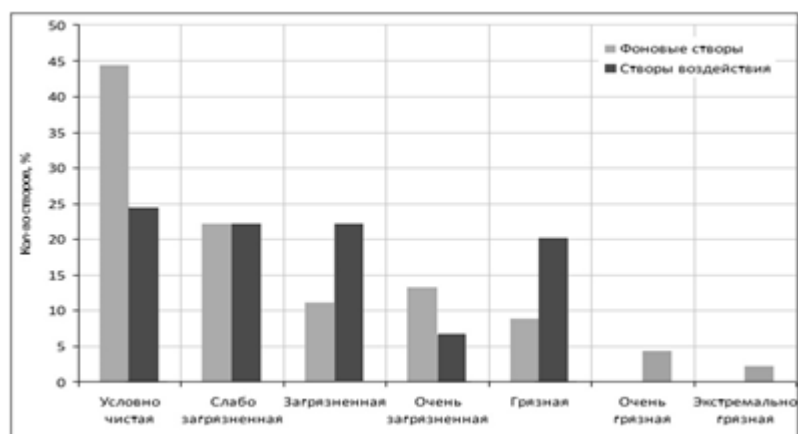


Рис. 1. Результаты оценки качества воды в местах сброса сточных вод водопользователей

Таким образом, при наличии многолетних результатов наблюдений в створах сброса сточных вод, представляется возможным оценить фоновое состояние водного объекта и уровень техногенного воздействия на него. В этом случае качество воды до сброса будет характеризовать фоновое состояние водотока (при условии отсутствия сброса выше рассматриваемого), а качество воды после сброса – антропогенное воздействие на водный объект.

Результаты реализации II блока. Анализ результатов оценки качества вод в устьевых и приустьевых створах рек. Для решения вопроса комплексной оценки загрязненности водных объектов проводился расчет удельного комбинаторного индекса загрязнения воды (УКИЗВ). В целях проведения сравнительного анализа результатов мониторинга, полученных при осуществлении производственного контроля, были рассчитаны УКИЗВ устьевых участков по региональному стандартному набору.

В таблице 1 (столбец 4) показано распределение рассчитанных значений УКИЗВ в створах мониторинга наблюдаемых рек.

Таблица 1

Результаты интегральной оценки состояния водных объектов. Качество воды

Наименование реки	Качество воды фоновых створов	Качество воды створов воздействия	Качество воды устьевых створов
1	2	3	4
Шаня	Загрязненная	Загрязненная	Условно чистая
Суходрев	Слабо загрязненная	Загрязненная	Слабо загрязненная
Мендынка	Условно чистая	Загрязненная	Условно чистая
Яченка	Условно чистая	Условно чистая	Слабо загрязненная
Терепец	Загрязненная	Очень загрязненная	Условно чистая
Протва	Грязная	Грязная	Слабо загрязненная
Страдаловка			Слабо загрязненная
Брынь	Загрязненная	Грязная	Очень загрязненная
Нара			Очень загрязненная
Мышега			Очень загрязненная
Истья	Грязная	Очень грязная	Грязная
Сечна			Грязная
Росвянка	Слабо загрязненная	Загрязненная	Грязная
Дырочная	Условно чистая	Условно чистая	Грязная
Киевка			Грязная
Городенка			Грязная
Цыганка	Грязная	Очень грязная	Очень грязная

В соответствии с этой оценкой можно сделать следующие выводы:

- вода в 18% устьевых створов водотоков соответствует качеству условно чистая, 24% водотоков соответствует качеству слабозагрязненная, 18% - очень загрязненная, 35 % - грязная, 6% - очень грязная.

- имеются водные объекты с неудовлетворительным критическим состоянием воды в устьевом (приустьевом) участке: реки Цыганка, Сечна, Дырочная, Росвянка, Киевка. Низкое качество воды в этих реках предполагает ощутимую нагрузку на основные водотоки и создает многочисленные проблемы для населения сельских и городских поселений области.

При этом полученные сведения о водотоках в устьевых и приустьевых участках, позволяют качественно оценить способность рек к самовосстановлению при имеющихся на них нагрузках. Так, представленные в таблице 1 интегральные характери-

стики водных объектов Калужской области на протяжении от фоновых створов к устью показали, что качество воды в устьевых и приустьевых створах 41% исследованных водотоков находится на уровне качества воды в фоновых створах. Это может свидетельствовать о том, что при существующих техногенных нагрузках большинство рек Калужской области имеет достаточный ассимиляционный потенциал.

Заключение. Таким образом, предлагаемый подход позволяет проводить комплексную оценку состояния областных рек с выделением антропогенной составляющей загрязнения с учетом всех зарегистрированных сбросов непосредственно в зоне проживания населения. Это является одним из наиболее важных социальных факторов. Кроме этого, подобная информация может являться инструментом при управлении антропогенными воздействиями, планировании мероприятий по сокращению нагрузки на реки, выявлении незарегистрированных сбросов сточных вод, информирования населения о качестве воды в реках непосредственно в местах проживания.

В качестве недостатка можно отметить, что получаемые результаты производственного контроля отражают лишь локальное состояние водотоков. Однако дополнение их данными регионального мониторинга в устьевых и приустьевых створах может решить задачу целевой региональной системы мониторинга водных объектов. При этом основными контролируемыми показателями мониторинга будут являться компоненты регионального стандартного набора. Рассматриваемый в работе метод региональной оценки качества воды, в значительной степени свободен от влияния природных факторов. Поэтому метод применим для оценки эффективности природоохранных мероприятий по охране поверхностных водных объектов. При этом целевой подход не исключает проведения мониторинга поверхностных водных объектов по полноформатной сети, включающий расширенный набор определяемых компонентов. В случае необходимости и наличии финансовых возможностей региональный целевой мониторинг может быть дополнен показателями, рекомендуемыми федеральным перечнем. И, тем самым, система мониторинга будет соответствовать и региональным потребностям, и общефедеральным требованиям.

Список литературы:

1. Ваганов Г.А. «Использование водных ресурсов Калужской области в 2017 году» / Ваганов Г.А., Глотова М.В. //Состояние и охрана окружающей среды в Калуге: Сборник материалов. Калуга: Издательство ООО фирма «Экоаналитика». – 2018 г. – С. 18 – 21
2. Падалка О.А. Региональная оценка техногенного воздействия на поверхностные водные объекты Калужской области. / Падалка О.А., Ваганов Г.А., Молодык А.Д., Маньшина И.В. // Состояние и охрана окружающей среды в Калуге: Сборник материалов. Калуга: Издательство ООО фирма «Экоаналитика». – 2018 г. – С. 40 – 42
3. Молодык А.Д. Вклад техногенных и природных факторов в формирование гидрохимического состава поверхностных водотоков Калужской области / Молодык А.Д., Падалка О.А., Лавриненко И.Г. // Состояние и охрана окружающей среды в Калуге, Сборник материалов. Калуга: Издательство ООО фирма «Экоаналитика». – 2014 г. –С. 22 – 24
4. Прохоров Ю.А. Мониторинг поверхностных водных объектов Калужской области. Развитие, состояние, перспективы / Прохоров Ю.А., Королева И.В., Ваганов Г.А., Лунькина Г.Б., Маньшина И.В., Молодык А.Д., Шошина Р.Р. // Информационный обзор. – Калуга: Издательство ООО фирма «Экоаналитика». – 2018 г. – 32 с.
5. Руководящий документ РД 52.24.643-2002 «Метод комплексной оценки степени загрязненности вод по гидрохимическим показателям» // Федеральная служба по

гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет) –2002 г. –
50 с.

**PRACTICAL APPLICATION OF THE METHOD OF A TARGETED REGIONAL
SYSTEM FOR MONITORING SURFACE WATERS ON THE EXAMPLE
OF THE KALUGA REGION**

R.R. Shoshina¹, A.D. Molodyk¹, G.A. Vaganov²

¹*LLC firm «Ekoanalitika», Kaluga, 248033, Russia, e-mail: ecoanalyt.kaluga@yandex.ru*

²*Department of water resources in the Kaluga region,
Kaluga, 248000, Russia, e-mail: kaluga@m-obvu.ru*

Abstract

Of the Kaluga Region a method of a targeted regional system for monitoring surface water bodies has been developed on the territory. In the given work its practical application on watercourses of the Kaluga region is considered. In this regard, information on impact monitoring is summarized for 112 wastewater discharges in 57 watercourses in the region. Additionally, the analysis of observations was carried out according to the regional monitoring program of the estuarine and estuarine sections of 17 watercourses in the region. The proposed approach allows assessing the state of surface water bodies and isolating the anthropogenic component of pollution, taking into account all recorded discharges.

НОВЫЕ ПОДХОДЫ В ОРГАНИЗАЦИИ МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

М.А. Шумилова¹; В.Г. Петров²

УдмФИЦ УрО РАН, г.Ижевск, 426067, Россия,
e-mail: ¹mashumilova@mail.ru, ²petrov@udman.ru

Из-за локального загрязнения окружающей среды отходами производства и их глобального рассеяния происходит загрязнение всех природных сред. К настоящему времени во внешней среде зарегистрировано более 4 млн химических веществ, и ежегодно их количество возрастает на 6000 наименований, а число попадающих в организм ксенобиотиков достигает 100 тыс. Ответной реакцией на изменение внешней среды является ухудшение здоровья населения. Человек своей жизнью и деятельностью создал реальную угрозу экологического кризиса на планете, который более опасен, чем социальный или экономический. Только сам человек, будучи человеком разумным, в состоянии устранить угрозу продолжения собственной жизни на планете.

Одним из первых шагов к устранению этой угрозы является экологический мониторинг, целью которого является оценка состояния окружающей среды, оценка воздействия на нее человека, а также прогноз последствий этого воздействия [1].

Неограниченный в пространстве и времени экологический мониторинг призван выявить антропогенные изменения в состоянии окружающей среды, предупредить о ситуациях, вредных или опасных для здоровья людей и других живых организмов.

Программа современного экологического мониторинга предполагает контроль воды, воздуха, почвы. Особое место в системе экологического мониторинга принадлежит почвенному мониторингу, что обусловлено уникальностью экологических функций почвы. В отличие от воды и атмосферного воздуха, которые являются миграционными средами, почва представляет собой наиболее объективный и стабильный индикатор техногенного загрязнения экосистемы. Она четко отражает эмиссию загрязняющих веществ (ЗВ) и их фактическое распределение в компонентах ландшафта.

Мониторинг состояния почв часто ограничивают регулярными наблюдениями за химическим загрязнением почв. Однако существует ряд примеров мониторинга, когда вещества с высокой растворимостью не удастся обнаружить в почвах при проведении периодических наблюдений. Сотрудниками ИМ УдмФИЦ предложен новый подход в организации непрерывного контроля поступления поллютантов в почву с использованием специального устройства, так называемой «ловушки» [2].

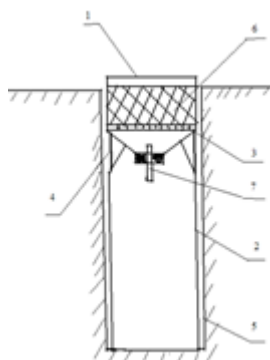


Рис. 1. Схема специального устройства: 1 – верхняя часть; 2 – нижняя часть; 3 – фильтрующая перегородка; 4 – соединительное устройство верхней и нижней части; 5 – углубление в грунте; 6 – инертный материал; 7 – устройство для слива фильтрата

Устройство представляет собой разборную колонку из полимерного материала, состоящую из двух частей, разделенных фильтрующей перегородкой (рис.1). В верхнюю часть колонки с открытой фиксированной поверхностью засыпается инертный фильтрующий материал (промытый и высушенный песок) сверху фильтра, в нижней части находится приемник для фильтрата. «Ловушка» устанавливается в пробуренные углубления в грунте, что снижает вероятность случайного ее повреждения, а также исключает потери легкорастворимых поллютантов под воздействием атмосферных осадков за счет вымывания их в расположенные ниже почвенные горизонты. Через определенные временные интервалы производится отбор фильтрата, определяется его объем и концентрация содержащихся в нем ЗВ.

В последние годы в регионах, для которых в течение длительного времени характерно наличие устойчивого снежного покрова, являющегося природным планшетом-накопителем ЗВ, поступающих воздушным путем, снег все чаще используется в качестве интегрального показателя загрязненности атмосферы таких регионов. Удмуртия относится к таким территориям, поскольку она обладает снежным покровом ~ 5 месяцев в году. Таким образом, чтобы убедиться в объективности результатов мониторинга с применением «ловушек», мы параллельно исследовали содержание поллютантов и в снежном покрове.

Промышленность Удмуртской Республики широко представлена предприятиями машиностроения, металлургии, ТЭК, нефтедобычи и др., поэтому большая часть техногенных выбросов в атмосферу приходится на соединения тяжелых металлов (ТМ). Целью работы является исследование антропогенного воздействия на природные среды в непрерывном режиме с использованием «ловушек» и снежного покрова на примере городов Удмуртии – Ижевска и Воткинска.

Для проведения мониторинга промышленных выбросов на примере ионов марганца, хрома, цинка и никеля были выбраны несколько городских зон, отличающиеся как по видам, так и по интенсивности техногенного воздействия на них. Полученные данные должны с заданной степенью точности отображать среднюю концентрацию ЗВ на выбранном участке, что достигается за счет установки «ловушек» и отбора снежных проб методом «конверта». Содержание ионов металлов в фильтрате определяли атомно-абсорбционным методом на спектрофотометре «Shimadzu» АА - 7000 с электротермическим атомизатором по аттестованным методикам М-02-902-125-2005 [3]. Все реактивы, используемые для спектрального анализа, имели квалификацию «осч».

Осуществление экологического мониторинга двумя способами в г.Воткинске (табл.1) проводилось на въезде в город рядом с федеральной трассой (№1), на территории детской площадки жилого микрорайона недалеко от достаточно интенсивного перекрестка городских автомагистралей (№5) и на прогулочных площадках детского сада №1, расположенного в тихом месте в центре города (рис.2). В Ижевске точки пробоотбора, расположенные на ул. Т.Барамзиной (табл.1 №6), Школьной (табл.2 №5) и Удмуртской (табл.2 №4), находятся в так называемых «спальных» районах, при этом зона №6 расположена внутри жилого микрорайона вдали от дорог. Зоны пробоотбора №4 - микрорайон «Север» и территория корпуса ФТИ (табл.1 №6) подвержены интенсивному воздействию со стороны главных магистралей Ижевска, в то время как зона №5 (городок Металлургов) характеризуется средней интенсивностью движения автотранспорта. В районе железнодорожного вокзала Ижевска (зона №6) городской ландшафт подвергается негативному воздействию со стороны как автомобильного, так и железнодорожного транспорта с их инфраструктурами и множеством складских помещений. Пешеходная зона по ул.Новоажимова (зона №7) расположена на одной из самых напряженных городских автомагистралей рядом с такими мощными промышленными предприятиями, как ОАО Метчел, ТЭЦ-1, ОАО «Иж-

маш» и др. Результаты экологического мониторинга по содержанию ионов ТМ в выпавших городских атмосферных осадках исследуемых зон представлены в табл.1 и 2.



Рис.2. Установка устройства в детском саду для определения уровня промышленных выбросов

Таблица 1

Количество поллютантов, поступивших в почвенный покров из городской атмосферы

Зона пробоотбора	Концентрация ТМ в фильтрате, мг/дм ³			
	Mn	Cr	Zn	Ni
г. Воткинск				
ул. Азина, въезд в город	0,0264	0,0058	0,0292	0,0003
ул. Спорта, д/с№1, уч-к №1	0,0012	0,0013	0,0076	0,0006
ул. Спорта, д/с№1, уч-к №2	0,0083	0,0012	0,0061	0,0004
ул. Спорта, д/с№1, уч-к №3	0,0086	0,0005	0,0062	0,0002
ул. 1 Мая, 103 детская площадка	0,0243	0,0013	0,0125	0,0002
г. Ижевск				
ул. Т.Барамзиной, 34 (УдмФИЦ)			0,0143	0,0024
ул. Кирова, 132 (ФТИ УдмФИЦ)				н/о

Содержание ТМ в городских зонах (табл.1) характеризуется одинаковыми закономерностями: в районах, расположенных ближе к автостраде и городским автомагистралям, количество поллютантов в разы превышает их содержание в тихих городских кварталах. Исключение составляют ионы никеля, концентрация которых практически одинакова во всех точках пробоотбора, что может свидетельствовать об отсутствии существенных источников поступления данного элемента в окружающую среду. Следует отметить, что данные мониторинга г.г. Воткинска и Ижевска показывают близкие величины загрязнения атмосферы одними и теми же ТМ для районов, характеризующихся одинаковой техногенной нагрузкой.

Содержание ТМ, в частности Zn, в снежном покрове Воткинска (табл.2) характеризуется близкими величинами, полученными как с помощью «ловушек», так и

при отборе весовым снегомером. Исключение составляют только ионы никеля в зоне федеральной трассы при въезде в город Воткинск, концентрация которых резко возросла по сравнению со всеми исследуемыми точками пробоотбора. Данную ситуацию, по нашему мнению, можно объяснить сезонным увеличением никельсодержащих выбросов автотранспорта в соответствии с литературными источниками [4]. В целом, данные мониторинга по концентрации ТМ в городской атмосфере удовлетворительно согласуются с аналогичными данными мониторинга, полученными с применением «ловушек».

Таблица 2

Количество поллютантов, поступивших в почву из снежного покрова

Зона пробоотбора	Концентрация ТМ в талой воде, мг/дм ³			
	Mn	Cr	Zn	Ni
г. Воткинск				
ул. Азина, въезд в город			0,0279	0,0644
микрорайон ж/д вокзала			0,0060	0,0001
ул. 1 Мая, 103 детская площадка			0,0128	н/о
г. Ижевск				
ул. Удмуртская (Северный микрорайон)	0,0883	0,0036	0,0238	0,0008
ул. Школьная (троллейбусное кольцо г. Metallургов)	н/о	0,0067	0,0805	н/о
ул. Гагарина (район ж/д вокзала)	0,0808	0,0077	0,0534	0,0005
ул. Новоажимова (район ОАО Метчел)	0,0696	0,0020	0,0642	0,0008

Результатами мониторинга (табл.1 и 2) установлено, что количественные характеристики поллютантов в окружающей среде, отобранные разными методами, практически неизменны в течение года, что свидетельствует о постоянном характере техногенного воздействия на городскую атмосферу в различные времена года.

Предложенное авторами устройство позволяет проводить в выбросах промышленных предприятий количественное определение ЗВ в аэрозольной форме, попадающих в конечном итоге в почву. Данное устройство является формой репрезентативной пробы при осуществлении мониторинга техногенных загрязнений на определенной территории в течение фиксированного периода, при этом оно позволяет определять поллютанты, поступающие в почву, как в растворимом, так и в нерастворимом виде.

Список литературы:

1. Мотузова Г.В., Безуглова О.С. Экологический мониторинг почв: учеб. пособие. М.: Академический Проект, 2007. - 237 с.
2. Петров В.Г., Шумилова М.А. Устройство для мониторинга промышленного загрязнения почвы и грунтовых вод. Патент РФ на изобретение № 2595653, приоритет от 15.12.14.
3. Методика количественного химического анализа. Определение As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Sb, Sn, Zn (кислоторастворимые формы) в почвах и донных отложениях атомно-абсорбционным методом. М-02-902-125-2005. С.-Пб, 2005.
4. Вредные химические вещества. Неорганические соединения V-VII групп: справочное издание. Л.: Химия, 1989. - 592 с.

NEW APPROACHES TO MONITORING ENVIRONMENT

M.A. Shumilova¹, V.G. Petrov²

*Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian
Academy of Sciences, Izhevsk, 426067, Russian Federation,
e-mail: ¹mashumilova@mail.ru, ²petrov@udman.ru*

Abstract

In the face of increasing environmental pollution caused by man-made emissions, the importance of environmental monitoring increases. The authors propose a device for the quantitative determination of pollutants in the form of aerosols in emissions of industrial enterprises. The results of environmental monitoring on the example of cities in Udmurtia, carried out using these devices, as well as snow cover are presented. The obtained monitoring data showed the proximity of the obtained indicators, which allows the use of the proposed device in the implementation of continuous monitoring at fixed intervals.

АДАПТАЦИЯ МЕТОДА ЛОКАЛЬНЫХ ТУРБУЛЕНТНЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ПРИБРЕЖНЫХ ПОТОКОВ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ В УСТЬЕВОЙ И ПРИБРЕЖНОЙ АКВАТОРИЯХ

А.Е Щодро, А.И. Чепыженко

ФГБУН ФИЦ МГИ РАН, г. Севастополь, 299011, e-mail: alexeug@hotmail.com

Предложен метод локальных возмущений турбулентной структуры прибрежных водных акваторий и потоков. На примере модельных расчетов и экспериментов показана его эффективность при решении задач трансформации загрязненных речных вод и повышении качества воды. Показана применимость метода при снижении антропогенной нагрузки в устьевых и прибрежных акваториях Крыма. Продемонстрирована эффективность исследования скоростного поля современным методом с использованием оптико- компьютерной системы

Загрязнение водной среды акваторий прибрежной зоны, проливов, портов и бухт, в связи с их многочисленностью и большой техногенной нагрузкой, представляет важнейшую экологическую проблему Крыма. При этом экологический мониторинг позволяет констатировать степень загрязнения и, в лучшем случае, объективно картировать источники загрязнения с оценкой количественных показателей. Принятие управленческих решений, направленных на снижение техногенной нагрузки на водную экосистему контролируемой акватории, представляется сложной задачей, не имеющей однозначного решения. При техническом решении, направленном на снижение антропогенной нагрузки на прибрежную акваторию муниципальных стоков (МСВ) или технических стоков предприятий, принимается решение строительства гидротехнических сооружений, очистки и водоотведения коммунальных очистных сооружений (КОС) или локальных мер очистки на предприятиях, При этом жесткие требования к сбросу очищенных сточных вод усложняют проектирование. Эти решения трудоемки, затратны и иногда и малоэффективны при не учёте существующей системы течений в месте водоотведения МСВ.

Реки лиманного типа, привносящие в акваторию бухт и лиманов значительные объемы органических и бактериальных загрязнений, формируют в устьях мощные отложения. В устьях рек при этом формируются термохалинные и маргинальные фронты, обуславливающие седиментацию привнесенных с речной водой взвешенных и растворенных компонентов. Эти отложения являются донными загрязнителями, вызывающими в процессе окисления снижение концентрации растворенного кислорода, повышая риск заморов, а в случае плохо вентилируемых бухт и бухт с малым водообменном, и к необратимым экологическим процессам.

Известны затратные методы улучшения качества воды, положенные в основу локальных очистных сооружений (аэрация, добавление реагентов,...). Но наряду с традиционными методами снижения техногенной нагрузки на водную среду существует метод, направленный на активизацию процессов самоочищения в прибрежной акватории. В частности, нами предлагается метод, основанный на создании локальных видов возмущений гидродинамической структуры, направленный на изменение молекулярного состава привнесенных с речной водой веществ. При этом решается две задачи – первая и неоспоримая – изменение дисперсного состава компонентов и препятствование их седиментации в зоне фронтальных градиентов, а с учетом их нахождения во взвешенном состоянии в поверхностном слое, – вовлечение их в процесс фотосинтеза; и более сложной задачи – химико-молекулярной трансформации с целью, направленной на улучшение экологического состояния акватории.

Метод подразумевает создание специально ориентированных гидродинамических структур путем устройства специальных сооружений (бун, полузапруд) в придонном слое направленных на формирования локальных турбулентных возмущений однородного поля скоростей речного стока или вдоль берегового течения [1].

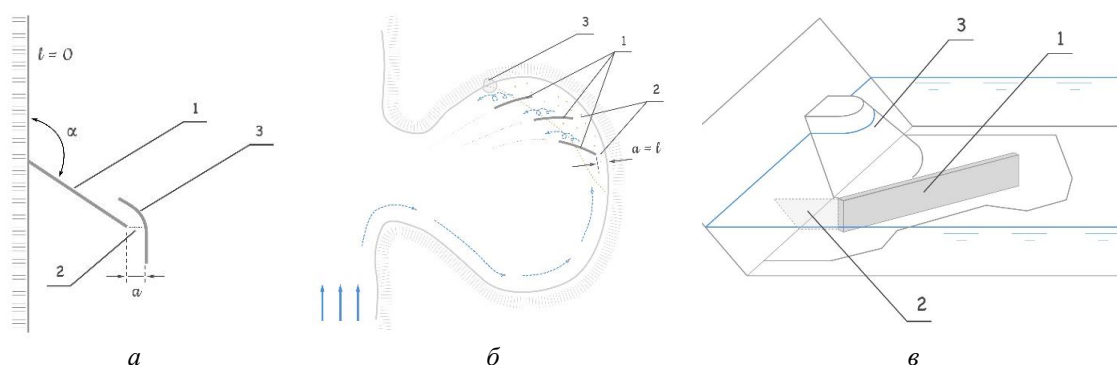


Рис. 1. Пример решения задачи промыва застойной зоны акватории (а); пример реализации задачи берегоукрепления с расположением порога (1) против потока (б); пример реализации идеи в русле или канале (в).



Рис. 2. Расположение косорасположенных (а) и нормальных (б) потоку полузапруд для защиты берегов горных рек.

На рисунке 1 представлены схематические изображения полузапруд для закрепления берегов от размыва – (а); промыва замкнутых акваторий – (б); и промыва береговой зоны и активизации массообмена в потоке. На рисунке 2 представлены фотографии реально работающих объектов защиты берегов в районе Карпат – (а); в Альпийском районе – (б)

Ветро-волновые воздействия при этом рассматриваются как отдельный фактор. Буны - важный элемент как морской, так и речной гидравлики, позволяющие защитить берега от эрозии и выноса наносов из прибрежной зоны, так и улучшить массообмен воды между полузапрудками вдоль потока при низких уровнях потоков. Полузапруды (буны) вносят значительный вклад в экологическую гидравлику, потому что как фауна, так и флора вдоль реки, существенно улучшаются. Хотя эти сооружения имеют долгую историю в гидротехнике, но в настоящее время существуют немного исследований в этой области.

Исследование полузапруд с применением современных оптических технологий и лагранжевого подхода к описанию кинематической структуры потоков проводилось в Техническом университете г. Цюриха, в гидравлической лаборатории Унгером Йенсом, Хагером Вилли и одним из авторов настоящей статьи [2]. В этом исследовании подробно изучалось трехмерное поле осредненных и мгновенных скоростей с помощью видеокамеры, фиксирующей движения мелких частиц индикаторов, переносимых потоком. То есть в поток вводились малые полимерные частицы диамет-

ром 1-1.5 мм нулевой плавучести. Их концентрация в потоке незначительна и не влияет на структуру самого потока, но достаточна для подробного описания поля скоростей лагранжевым методом. В эксперименте при этом исследовались системы полузапруд, нормально расположенные относительно потока (рис. 1). Именно такие сооружения часто используются для стабилизации прибрежных морских территорий, укрепления пляжных зон и в практике речных берегоукрепительных работ.

Используемый метод визуализации движения частиц (Particle-Image-Velocimetry - PIV), является относительно простой процедурой, которая проводится в лабораторных условиях и позволяет получить представление о структуре потока. Результаты могут пролить свет на сложное взаимодействие между вдольбереговым главным потоком и структурой потока в межбульном пространстве.

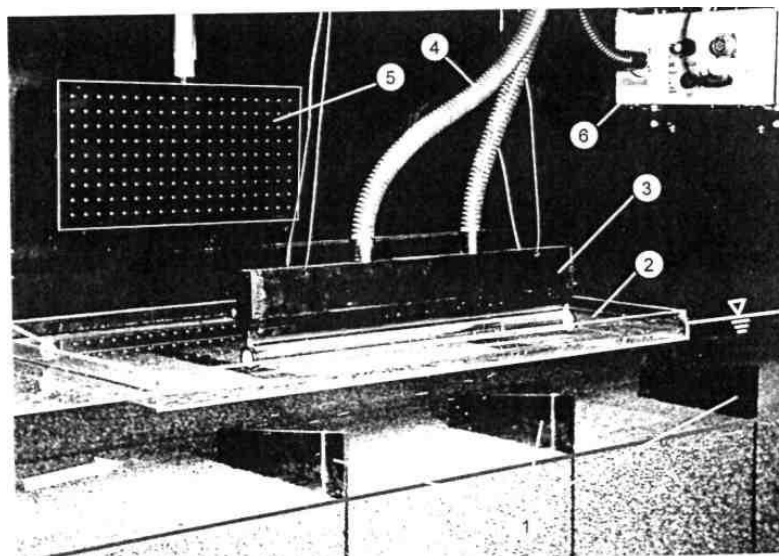


Рис. 3. Схема установки полузапруд в лотке (1), плавающий короб из прозрачного стекла (2), световой нож (3), энергетические кабели (4), табло для настройки видеокamеры (5), пульт управления (6).

На рис. 3 показана схема установки и оборудования при проведении экспериментов по PIV-технологии. Здесь видно, что «световой нож» освещает узкую область потока в вертикальной плоскости, проходящей через межполузапрудные пространства параллельно берегу. Вычислительной системой, связанной с видеокamерой, определяются перемещения частиц за интервалы времени порядка 0,1с. Это дает возможность выводить эпюры мгновенного распределения скоростей на экран и записывать их в память машины. Такие распределения исследовались для различных плоскостей сечения потока, расположенных как вертикально (рисунок 2а), так и горизонтально (рисунок 2б).

На рис. 4 представлены картины течения в сечениях (а), расположенных на расстоянии 6 сантиметров друг от друга в направлении удаления от стенки; представлены картины течения в сечениях, расположенных на расстоянии 2 сантиметров по вертикали друг от друга в направлении от дна (б); представлена схема расположения горизонтальных сечений.

Результатом исследований являются поля мгновенных скоростей в разных сечениях потока, показанные на рис. 4. Эти результаты позволяют сделать вывод об интенсивности перемешивания и массообмена, а также о размерах отрывных зон и зон со слабой проточности. Значения скоростей позволяют оценить силовое воздействия потока на сооружения, элементы береговых креплений, донные частицы, а также оценить наносорегулирующую и размывающую способности потока.

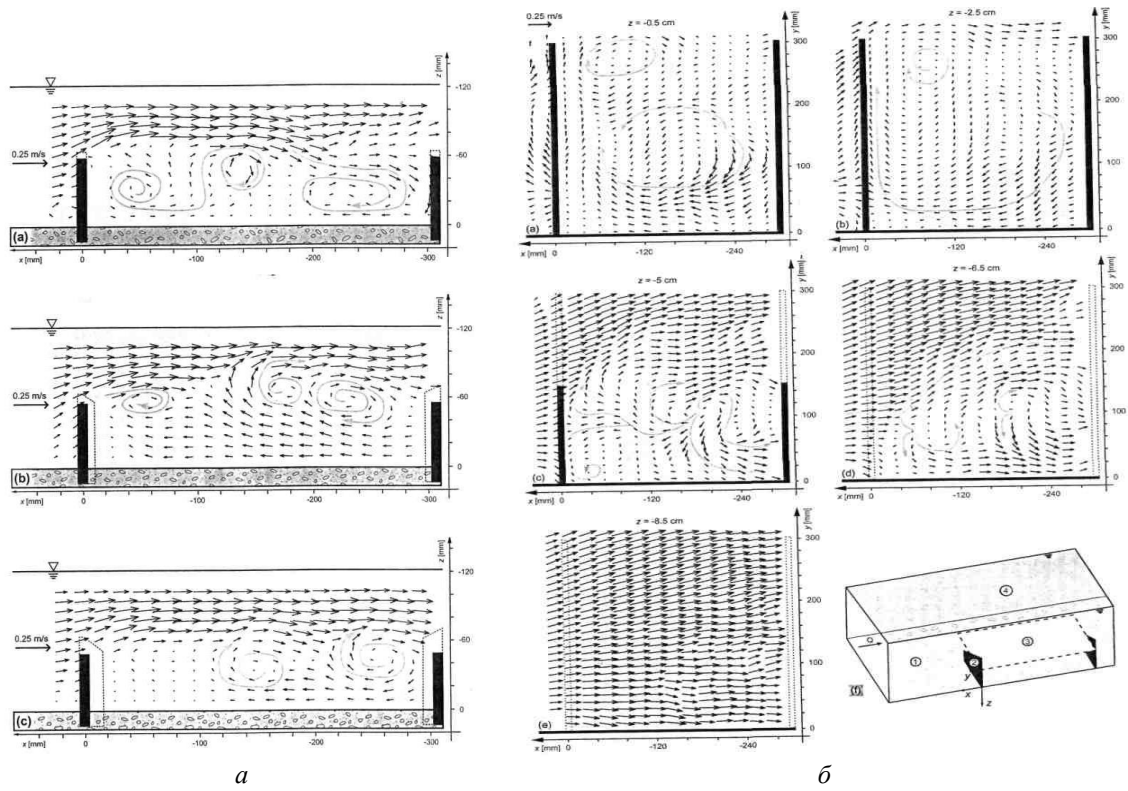


Рис. 4. Мгновенные векторные поля скоростей – в вертикальных (а) и в горизонтальных (б) сечениях межполузапрудных пространств и схема установки полузапруд.

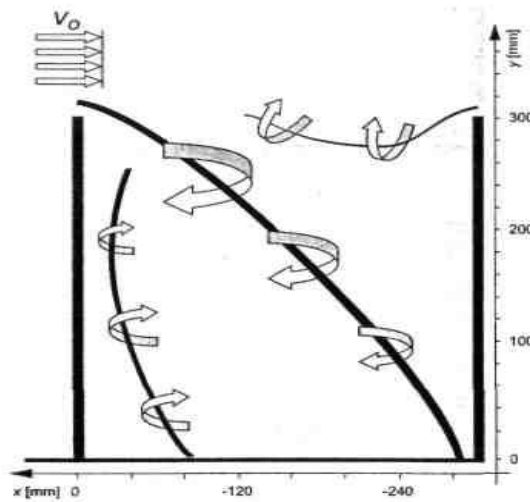


Рис. 5. Схематическое поле скоростей

Список литературы:

1. Щодро А.Е., Чепыженко А.И. Гидродинамические циркуляционные процессы / Моря России: методы средства и результаты исследования. Севастополь- Кацивели, 22-28 сентября 2018. с. 203-204.
2. Unger J., Hager W. H. and Shchodro A. E., Basic flow pattern in spur dykes. 29-th Convegno di idraulica e costruzioni idrauliche. - Trento, 7-10 settembre 2004. - Edit. Bios. - Vol. 1, Tema A, pp. 1147-1154.

**ADAPTATION OF THE METHOD OF LOCAL TURBULENT DISTURBANCES
OF THE HYDRODYNAMIC STRUCTURE OF COASTAL STREAMS
TO REDUCE ANTHROPOGENIC LOAD IN THE ESTUARY
AND COASTAL ZONES**

A.E. Shchodro, A.I. Chepyzhenko

Marine Hydrophysical Institute RAS, Sevastopol, 299011, e-mail: alexeug@hotmail.com

Abstract

A method of local perturbations of the turbulent structure of coastal water areas and flows is proposed. By the example of model calculations and experiments, its effectiveness in solving problems of transforming polluted river water and improving water quality is shown. The applicability of the method for reducing the anthropogenic load in the estuarial and coastal waters of the Crimea is shown. The effectiveness of the study of the velocity field by a modern method using an optical computer system is demonstrated.

ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ ЦИРКУЛЯЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ

А.Е. Щодро, А.И. Чепыженко

ФГБУН ФИЦ МГИ РАН, г. Севастополь, 299011, e-mail: alexeug@hotmail.com

В работе предлагается использовать ряд конкретных гидротехнических сооружений для активизации массообмена в морских бухтах, заливах, а также в речных руслах и водохранилищах; предлагаются устройства, активизирующие винтообразные течения, обладающие рядом полезных свойств, способствующих улучшению экологического состояния и управлению движению наносов.

В природных и искусственных акваториях, реках, каналах и различных водотоках существуют основные течения, и на них, как правило, накладываются вторичные потоки, которые в большинстве являются достаточно слабыми, иногда едва уловимыми. Эти течения значительно усиливаются и усложняются при воздействии гидротехнических сооружений на поток в рассматриваемых акваториях. Обратные их воздействия на русло приводят к активизации лито-динамических процессов и серьезным изменениям конфигурации дна, разрушению берегов и проч.

Основы научной классификации вторичных течений были заложены еще А.С. Образовским [1]. Согласно его концепции наиболее распространенными вторичными течениями в реках, морских заливах и водохранилищах являются циркуляционные течения инерционной природы, которые связаны, как правило, с криволинейностью линий тока основного течения. Течения такого вида являются слабыми, при этом модули векторов скоростей циркуляционных течений не превышают 0,1–0,2 от величины скорости поступательного движения основного потока. Вторичные течения имеют как положительные, так и отрицательные свойства. Положительными сторонами вторичных течений являются усиление массообмена, дополнительной захват кислорода через свободную поверхность акватории, промыв удаленных ее районов, освежение потока и, в целом, рекреационный эффект. К отрицательным, например, относится то, что они способствуют повышению мутности акватории, существенно уменьшают фотический слой. Это приводит далее к снижению фотосинтеза, увеличению цветения, интенсификации зарастания; возникают заморы. При этом страдают как бентос, так и макрофиты.

Первые попытки гидротехнического использования таких течений для транспорта наносов было предпринято Потаповым М.В. [2]. А первые попытки теоретического их описания – Миловичем А.Я. [3]. В работах [4-7] отражены особенности влияния этих течений на взвешивание и перенос наносов.

Однако более значительными скоростями обладают течения, возникающие в зонах отрыва при сходе струй основного потока с кромок искусственных сооружений. В таких зонах возникают концентрированные винтообразные течения, то есть сосредоточенные в небольшом объеме потока, не распространяющиеся на весь объем акватории, но по своим размерам соизмеримые с объемом зоны самого отрывного течения. Течения такого вида носят винтообразный характер, то есть траектории частиц, движущихся в этом потоке, напоминают винтовые линии, - частицы вращаются вокруг некоторой оси и одновременно перемещаются вдоль неё с поступательными скоростями. Заметим, что они способствуют при этом решению самой важной задачей гидроэкологии водоемов, морских заливов, прибрежных территорий - активизация массообмена в них.

Гидродинамическими особенностями течений, возникающих за бунами – резкими преградами, – нормально расположенными относительно потока, являются:

- возникновение зоны вихревого течения, где режим движения потока близок к плоскому;
- повышенная турбулентность и интенсивный массообмен в области границы раздела потоков;
- наличие струйного пограничного слоя на границе отрывной области;
- повышение давления в области отрыва по направлению основного потока и, как следствие,
- наличие обратного течения в донной области в зоне отрыва;
- активное взвешивание грунта и его распространение по области отрыва.

При косом расположении донного порога за ним наблюдается пространственное отрывное течение вплоть до значения углов $\alpha = 30$ град. между направлением потока и осью буны. Отрывная зона всегда образуется, и при достаточно больших числах Рейнольдса отличительными особенностями этой зоны в данном случае, помимо указанных выше, являются:

- развитое турбулентное течение развивается вдоль оси всего вальца и продолжается за пределами донного порога, в основном потоке;
- это вихревое течение представляет собой концентрированное, винтообразное (по гидродинамической классификации) течение;
- наличие поступательного движения вдоль оси вальца;
- наличие вращения потока, тем более слабого, чем меньше угол α ;
- наличие границы отрыва - линии присоединения, - выделяющей зону отрыва переменной ширины;
- минимальные значения ширины, характерные для начальной зоны отрывного течения, они составляют 2-3 высоты порога;
- максимальные ширины вальца (5-6 высот порога) характерны для средней части порога, несколько ближе к его концу, и минимальные также - к его концу;
- придонные струи в зоне отрыва движутся, приближаясь к порогу – буне;
- турбулентные массы значительных объемов в последней трети длины зоны отрыва активно выходят из этой области, достигают поверхности и выносят с собой значительное количество осадков взвешенного вещества к поверхности;
- усиленный транспорт донных и взвешенных наносов вдоль вальца и их вынос в транзитный поток.

Особо положительными свойствами винтообразных течений являются следующие:

- скорости вращения значительны, они в два – три раза превосходят скорость набегающего потока;
- скорость поступательного движения в винтообразном течении в полтора-два раза превосходит скорость набегающего потока;
- поток за буной (пластиной) имеет повышенную наносо-транспортирующую способность, он транспортирует донные, относительно тяжёлые, наносы, а также лёгкие – взвешенные, причём взвешенные частицы как бы поглощаются из значительного объёма транзитного потока, концентрируются вдоль оси винтообразного течения и переносятся значительными скоростями поступательного движения, имеющими место на оси винтообразного течения;
- течения являются восстанавливающими и очищающими в экологическом смысле они очищают поток, разрывая молекулы сложных соединений, которые являются, как правило, загрязняющими;
- при возникновении отрывного течения в области пониженного давления в нём возникает множество квантанционных пузырьков микроскопического размера, кото-

рые очень эффективно очищают поток, способствуя очищению и значительной по объему акватории.

Стихийное возникновение винтообразных течений в природе бывает чрезвычайно опасным, именно они обуславливают наибольшие глубины местных размывов у берегозащитных сооружений, оголовков бун и полузапруд, а также у мостовых опор. Повышение турбулентности, крупномасштабных пульсации давления, особенно в зоне начала вихревого вальца, приводящие к значительному по интенсивности размыва и эффективному переносу размываемого материала вдоль оси винта и распространению по акватории. Они способствуют возникновению в потоке дополнительных циркуляционных течений слабого типа, а также интенсификации некоторых литодинамических процессов, переносу наносов и связанных с ним изменений конфигурации дна, также к развитию размывов, переработке наносных вредных отложений, находящихся в размываемом грунте, местному ухудшению качества воды. В работах [8, 9] приводятся результаты систематических исследований гидравлики вихревых течений за донными порогами, уступами, массообмена и их влияния на наносы.

На основе наблюдений, проводимых в реальных акваториях, удается по ряду признаков установить наличие и функционирование вихревых потоков рассматриваемого вида в отдельных их зонах. Например, в случае о. Тузла

Остров Тузла представляет собою донное препятствие в Керченском проливе, за затопленной частью которого возникают винтообразные течения трехмерной пространственной структуры и оказывают существенное влияние на взмучивание, перенос и переосаждение наносов. Сам остров возник вследствие отложения наносов, переносимых природными течениями, их торможением встречными перепадами давлений и выпадением частиц на дно. Устройство искусственного прокопа глубиной в 11 метров в 2003 году послужило причиной интенсификации динамических процессов, которые привели к частичному заилению и занесению углубленной зоны, обрушением берегов, привело также и к катастрофическому размыву восточной оконечности острова, значительным переформированиям дна и повышению мутности.

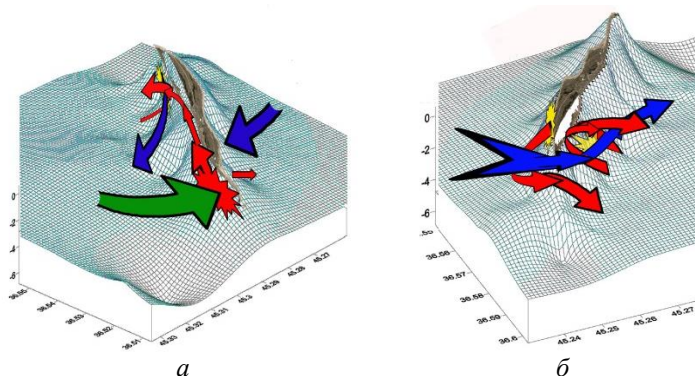


Рис. 1. *a* – Абразия западной оконечности о. Тузла; *б* – то же – восточной.

Возбуждение искусственных винтообразных течений связано со специальными сооружениями, которые решают проблемы интенсификации гидродинамических процессов, - это специальные берегозащитные сооружения. Наиболее простыми и технологичным следует считать донные пороги, по форме как пластины, устанавливаемые под различными углами к направлению транзитного потока в зависимости от задач, которые стоят перед проектировщиками. Эти пороги могут располагаться как вдоль по потоку (по течению), так и против него. (Рис.2-4). При этом решаемые задачи охватывают широкий спектр проблем защиты прибрежных территорий и транспорта наносов. Предлагается создавать искусственные буны (1), косорасполагаемые относительно транзитного потока под некоторым углом α , в комплексе с дополнительными устройствами: отверстием (2), обеспечивающим свободное вхожде-

ние транзитного потока в пространство за буной, где формируется вихревое течение, бокового препятствия (3), усиливающего и регулирующего градиенты давления во внешнем потоке, обтекающем сооружение и позволяющим управлять величиной поступательных скоростей за буной.

Размещая буну (пластину) под углом к потоку, по потоку или против него, и, тем самым, меняя направление течения вдоль нее, можем направлять поток воды и наносы к открытой части акватории, расчищая береговую зону (Рис.3), или, наоборот, – к берегу (Рис.4), укрепляя его и препятствуя его размыву и разрушению. Большое значение для активизации массообмена в морских заливах и бухтах (Рис.2) является создание искусственных течений, причём большую роль играет структура таких искусственных течений. Наиболее рациональной является структура винтообразного потока, обладающих вращательным движением и поступательно вдоль оси потока.

На рисунках показана схема устройства донных порогов в сочетании с двумя дополнительными конструктивными элементами – боковой преградой и входным отверстием. Сочетание этих элементов позволяет нам в наибольшей степени использовать перечисленные преимущества винтообразных течений.

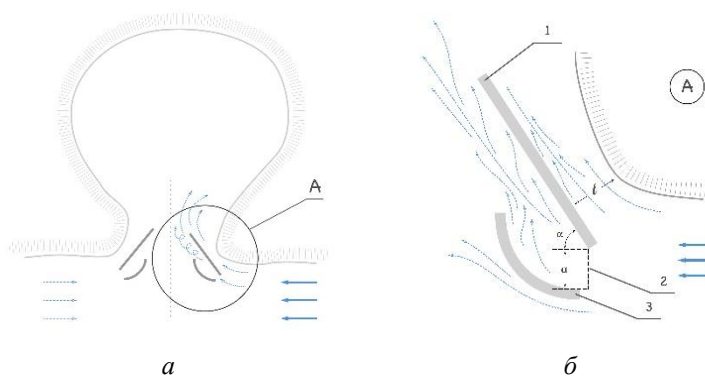


Рис. 2. Пример применения донных порогов в устье морской бухты: *а* – при двунаправленном; *б* – фрагмент фигуры А;

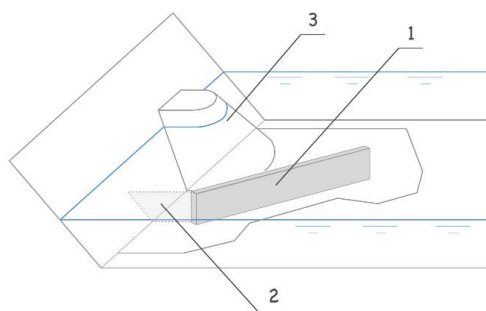


Рис. 3. Пример реализации идеи в русле или канале;

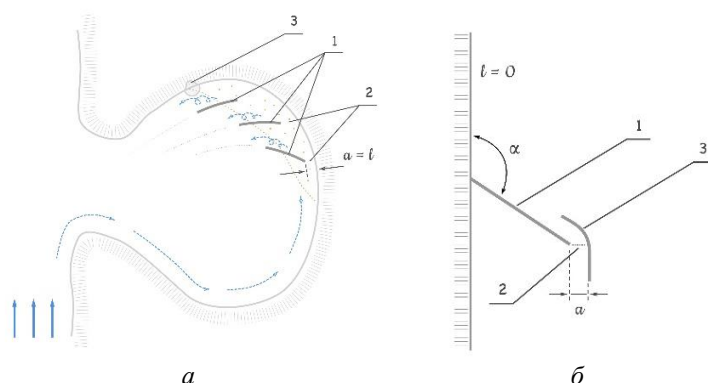


Рис. 4. *а* – пример решения задачи промыва застойной зоны акватории; *б* – пример реализации задачи берегоукрепления с расположением порога (1) против потока.

Список литературы:

1. Офицеров А.С. Вторичные течения Госиздат. литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам, -М. 1959.
2. Потапов М.В. Сочинения. Том 1-2. Сельхозиздат, - М. 1951.
3. Милович А.Я. Основы динамики жидкости. Госэнергоиздат, - М. 1933.
4. Спицын И.П. Влияние вторичных течений на формирование скоростного поля прямолинейного потока ЛГМИ, Труды, Выпуск 25. 1967 с. 33-40.
5. Шнипов Ф.Д. Трехмерные течения и их влияние на устойчивость трапецеидальных каналов. диссертация к.т.н., Минск 1985. – 323с.
6. Козыренко Л.Д. Вторичные течения и взвешивания наносов. В сборнике трудов МИСИ, 1968 выпуск 1, номер 55 с. 93-102.
7. Михайлова Н.А. Перенос твердых частиц турбулентными потоками воды. М. Гидрометеиздат, 1966. - 236 с.
8. Щодро А. Е. Кинематика потока и водообмен за косорасположенными донными уступами гидротехнических сооружений / А. Е. Щодро // Гидравлика и гидротехника: Респ. межвед. научно–техн. сборник. – К.: Техніка, 1978. – Вып. 26. – С. 59–64.
9. Кириенко И. И. Структура потока у низких затопливаемых полузапруд / И. И. Кириенко, А. Е. Щодро // Гидравлика и гидротехника. – К.: Техника, 1979. – Вып. 28. – С. 91–97

HYDRODYNAMIC CIRCULATION PROCESSES IN THE COASTAL AREA

A.E. Shchodro, A.I. Chepyzhenko

Marine Hydrophysical Institute RAS, Sevastopol, 299011, e-mail: alexeug@hotmail.com

Abstract

It is proposed to use a number of specific hydraulic structures to enhance mass transfer in sea bays, gulfs, as well as in river beds and reservoirs; devices are proposed that activate spiral currents with a number of useful properties that contribute to the improvement of the ecological state and the management of sediment movement.

УДК 621.315.615.2

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ЗА СЧЕТ ОЧИСТКИ МАСЛА НА МЕСТЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КЕРАМИЧЕСКОЙ ФИЛЬТРУЮЩЕЙ УСТАНОВКИ

Д.Т. Юсупов

ООО «Научно-технический центр» АО «Узбекэнерго»
г. Ташкент, 100041, Республика Узбекистан, e-mail: dilmurod85@list.ru

Анализ повреждений силовых масляных трансформаторов показывает, что без специальных профилактических мер большинство трансформаторов со сниженным уровнем изоляции не вырабатывают номинальный рабочий ресурс. Главными причинами отказов являются: снижение электрической прочности изоляции из-за увлажнения, загрязнения, накопления продуктов старения [1-2].

В процессе длительной эксплуатации силовые масляные трансформаторы подвергаются воздействию ряда факторов, которые в конечном итоге приводят к их разрушению и выхода из строя. Одним из таких основных факторов, влияющих на работу данного электрооборудования – это ухудшение эксплуатационных характеристик трансформаторного масла. Трансформаторное масло используется для изоляции, т.е. оно обеспечивает около 80% электрической прочности в трансформаторе и для охлаждения, т.е. масло отводит тепло от активных частей (обмотки и т.п.) в систему охлаждения силового трансформатора [3].

Для повышения надежности и продления срока службы силовых масляных трансформаторов проводится их диагностическое обследование и техническое обслуживание. Одним из элементов технического обслуживания является своевременная регенерация отработанного трансформаторного масла. Регенерация отработанного трансформаторного масла – один из наиболее эффективных способов организации его повторного использования. Поэтому широкое развитие и внедрение эффективных технологий регенерации отработанного трансформаторного масла является важным элементом программы энерго- и ресурсосбережения и повышения энергетической эффективности предприятий топливно-энергетического комплекса.

Для решения данной задачи автором разработана новая керамическая фильтрующая установка очистки масла силового трансформатора на месте его эксплуатации.

При разработке полупромышленного образца керамического фильтра использовалась металлическая перфорированная труба с резьбовой нарезкой. Фильтрующие элементы последовательно размещались на перфорированной трубе, разделяясь между собой резиновыми прокладками. Стопка фильтрующих элементов стягивалась с двух сторон при помощи металлических шайб, уплотнительных колец, прокладок и гаек.

Производительность керамического фильтра прямо пропорциональна производительности электрического насоса и количеству фильтрующего элемента, обратно пропорциональна массовой доли механических примесей в отработанном трансформаторном масле, определяется по следующей формуле:

$$Q_{кф} \approx \frac{Q_n \cdot N}{X} \quad (1)$$

где $Q_{кф}$ – производительность керамического фильтра, литр/час;

Q_n – производительность электрического насоса, литр/час;

N – количество фильтрующего элемента, штук;

X – массовая доля механических примесей в обработанном трансформаторном масле, %.

Таким образом, на основе разработанной конструкции была подготовлена керамическая фильтрующая установка для глубокой очистки трансформаторного масла от механических примесей (рис.1). Для размещения керамического фильтра был изготовлен корпус из нержавеющей стали.

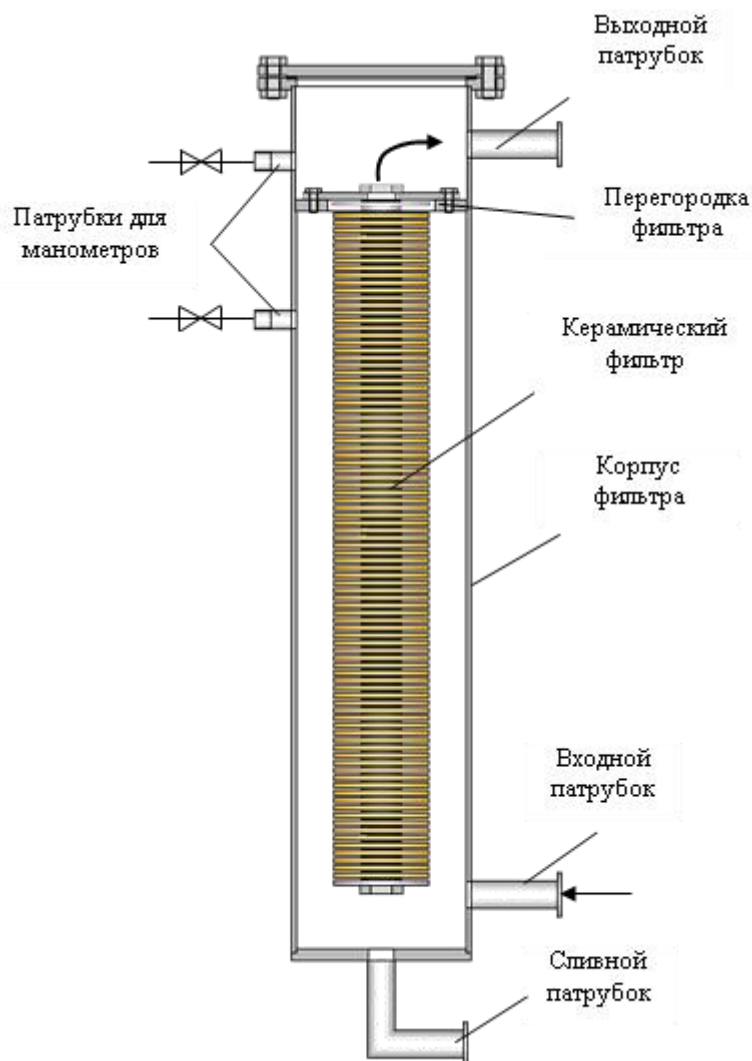


Рис. 1. Конструкция полупромышленного образца керамической фильтрующей установки

Представленная фильтрующая установка позволяет рассмотреть возможность создания мобильной установки для очистки трансформаторных масел на месте эксплуатации силового оборудования. В этом случае бак силового трансформатора включается в технологическую схему и происходит очистка масла в режиме циркуляционной прокачки. Данный режим позволяет также очистить целлюлозную изоляцию и сам бак.

На рисунке 2 приведена разработанная схема очистки масла и целлюлозной изоляции силового трансформатора. Пунктиром ограничены элементы мобильной установки. Установка работает следующим образом. Для организации комплексной очистки обработанного трансформаторного масла процесс работы установки делится на три этапа.

Этап №1. Все вентили (8-16) закрыты. Открывается вентиль 8 и масло из трансформатора 1 перекачивается циркуляционным насосом 2 и при открытии вентилях 9 и 10 попадает в керамический фильтр 3, где обработанное трансформаторное масло

очищается от механических загрязнений. Потом очищенное масло подается в расширительный бак трансформатора 7. Далее масло направляется на второй цикл очистки.

Этап №2. Закрываются вентили 9 и 10. Открываются вентили 11, 12, 13 и 14. Масло через циркуляционный насос 2 попадает в камеру 4, заполненной цеолитом. На этом этапе отработанное трансформаторное масло очищается от увлажненных примесей (особенно от эмульгированной воды). Потом очищенное масло подается в расширительный бак трансформатора 7. Далее масло направляется на второй цикл очистки.

Этап №3. Закрываются вентили 11, 12, 13 и 14. Открываются вентили 15, 16 и 17. Масло через циркуляционный насос попадает в электрический нагреватель масла 5. Нагретое до 70°C отработанное трансформаторное масло подается в камеру, заполненной силикагелем 6. В конечном этапе отработанное трансформаторное масло очищается от растворимых примесей. Потом очищенное масло подается в расширительный бак трансформатора 7. Далее масло направляется на второй цикл очистки.

Многочисленная циркуляция масла позволяет добиться необходимого уровня очистки. При необходимости в каждом этапе очистки приоткрывается вентиль 18 для вывода воздуха во внешнюю среду и ускорения процесса циркуляции масла.

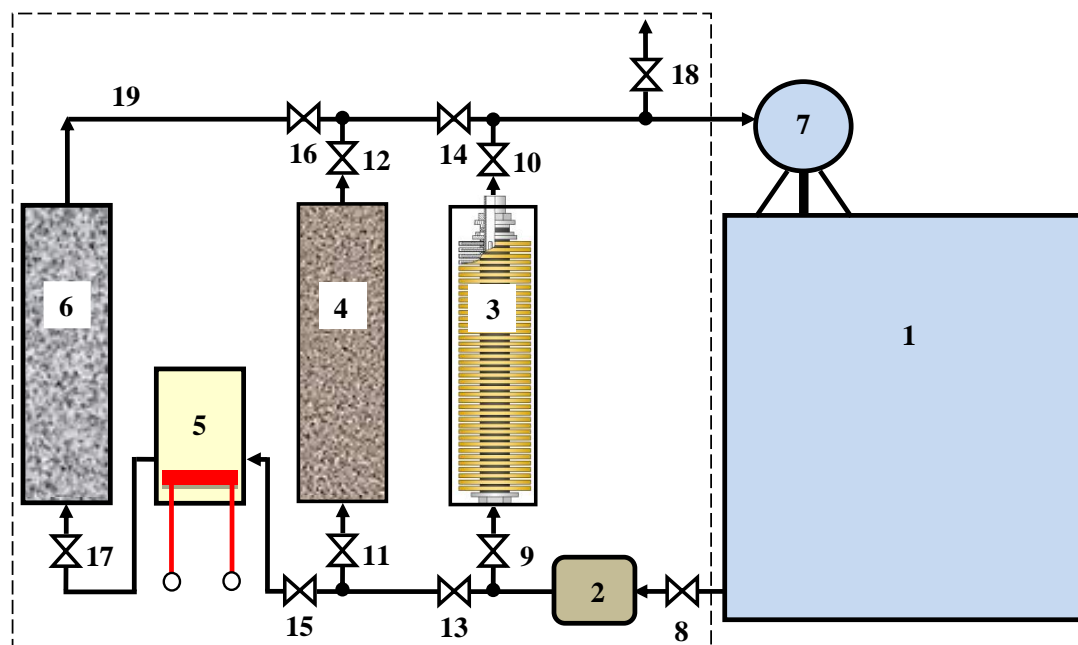


Рис. 2. Структурная схема полупромышленного образца технологии очистки масла и целлюлозной изоляции силового трансформатора: 1 – силовой трансформатор; 2 – циркуляционный маслонасос; 3 – керамический фильтр; 4 – адсорбент (цеолит); 5 – электронагреватель масла; 6 – адсорбент (силикагель); 7 – расширительный бак трансформатора; 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 – запорные вентили; 19 – соединительные трубопроводы.

Таким образом, предложенная схема полупромышленного образца новой технологии для очистки масел силовых трансформаторов может быть широко использована при циркуляционной промывке целлюлозной изоляции трансформаторов. Очистка изоляции позволяет продлить срок службы трансформаторов, что существенно повышает экономическую и энергетическую эффективность промышленных объектов. Регенерация отработанных трансформаторных масел на месте эксплуатируемого трансформатора, повышает энергетическую эффективность и надежность эксплуатации электрооборудования, и в свою очередь, надежность работы электростанций и электрических сетей.

Эта работа была выполнена в рамках прикладного государственного научно-технического проекта №А3-ФК-1-19229 на тему «Разработка эффективных мем-

бренных систем для регенерации трансформаторного масла на базе пористой керамики».

Список литературы:

1. Васин В.П. Ресурс изоляции силовых маслянаполненных трансформаторов / Васин В.П., Долин А.П. // ЭЛЕКТРО. Электротехника. Электроэнергетика. Электротехническая промышленность. 2008. –Вып.№3. – С.12 – 17.
2. Хлыстиков А.В. Проблемы надежности работы силовых трансформаторов / Хлыстиков А.В., Игнатъев И.В. // Системы. Методы. Технологии. 2013. Вып.№3 –С.117 – 120.
3. Высогорец С.П. Метод оценки эффективности восстановления ресурса трансформаторных масел в процессе работы силовых трансформаторов / Высогорец С.П., Васильев А.П. // Электротехнические комплексы и системы управления, 2011. Вып. №2 – С.59 – 65.
4. Салихов Т.П. Применение керамического фильтра для циркуляционной очистки масла и целлюлозной изоляции силового трансформатора / Салихов Т.П., Кан В.В., Юсупов Д.Т. // Промышленная энергетика. 2017. Вып. №8. –С.52 – 57.

**IMPROVING THE EFFICIENCY OF WORK OF POWER TRANSFORMERS
BY CLEANING THE OIL ON THE PLACE OF OPERATION USING
A CERAMIC FILTER INSTALLATION**

D.T. Yusupov

LLC "Scientific and Technical Center" JSC "Uzbekenergo".

Tashkent, 100041, Republic of Uzbekistan, e-mail: dilmurod85@list.ru

Abstract

A new ceramic filter unit for cleaning transformer oil has been developed. The presented filtering unit allows considering the possibility of creating a mobile unit for cleaning transformer oils at the place of operation of power equipment. In this case, the tank of the power transformer is included in the technological scheme and the oil is cleaned in the circulation pumping mode. This mode also allows you to clean the cellulose insulation and the tank itself. Insulation cleaning extends the service life of transformers, which significantly increases the economic and energy efficiency of industrial facilities.

УДК 537.52

ОБЕЗВРЕЖИВАНИЕ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ ВОЗДЕЙСТВИЕМ БАРЬЕРНОГО РАЗРЯДА

**Р.В. Якушин, В.А. Колесников, В.А. Бродский, А.В. Перфильева,
И.Н. Соловьева**

*ФГБОУ ВО Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева, Москва, 125047, Российская Федерация,
e-mail: Danchemist@yandex.ru*

Интенсивное использование продуктов нефтепереработки, применение пестицидов и гербицидов в сельском хозяйстве, активное бытовое использование синтетических поверхностно-активных веществ, – все это является причиной сильного загрязнения природных и сточных вод высокотоксичными устойчивыми органическими веществами.

Подобные загрязнения попадают в природные водоемы в основном с производственными сточными водами. Присутствующие органические примеси обладают мутагенными и общетоксическими свойствами, а также заметно ухудшают органолептические свойства питьевой воды. Даже при отводе сточных вод в городскую канализацию и очистные сооружения, не удастся предотвратить попадание этих веществ в окружающую среду.

Актуальным и стратегически важным направлением научно-технического развития Российской Федерации в области охраны окружающей среды становится предотвращение загрязнения природных вод устойчивыми к окислению и биодegradации соединениями органической природы вследствие возрастания антропогенных нагрузок на окружающую среду до масштабов, угрожающих воспроизводству природных ресурсов, и связанный с их неэффективным использованием рост рисков для жизни и здоровья граждан.

Для решения поставленной проблемы применяются химические, физико-химические и биологические методы окисления устойчивых органических соединений в воде, сущность которых сводится к применению мощных окислителей или генетически-модифицированных микроорганизмов, что представляет собой не меньшую опасность для экосистемы.

Особое внимание уделяется развитию высокоэффективных окислительных технологий очистки воды, основанных на применении безреагентных методов, в которых отсутствует введение в воду химических реактивов, что способствует переходу к высокопродуктивному и экологически чистому аквахозяйству и возможности введения процессов рециркуляции воды.

Внедрение и промышленное применение плазмохимии является частью развития наукоемких технологий, отвечающих современным требованиям к защите экосистем и ресурсосбережения. Устройства по реализации плазменного воздействия широко используются на практике и составляют неотъемлемую часть технологии в области создания микроэлектроники, находят промышленное применение в таких отраслях, как медицина, легкая промышленность, нанотехнологии и процессы модификации поверхностей и обработки жидкостей.

Подобное разнообразие сфер применения плазмохимии обусловлено особыми характеристиками среды в зоне возбуждения плазменного разряда, который является источником высокоактивных короткоживущих частиц.

Низкотемпературная плазма позволяет совместить производство активных частиц (атомарного кислорода (O), гидроксил-радикала (HO), гидропероксид-радикала (HO_2), пероксида водорода (H_2O_2), озона (O_3), а также O_2^- и O^-).

Многочисленные исследования влияния низкотемпературной плазмы на жидкости показали принципиальную возможность введения высокоактивных окислителей, генерируемых в плазме, непосредственно в обрабатываемый раствор, без необходимости применения химически опасных реагентов. Генерирование в необходимых концентрациях таких частиц в результате последующих превращений способствует деструкции органических веществ вплоть до их полной минерализации или до форм, подверженных биodeградации.

Разработано устройство обработки жидкости барьерным разрядом, реализующее проточный циклический режим (рис. 1).

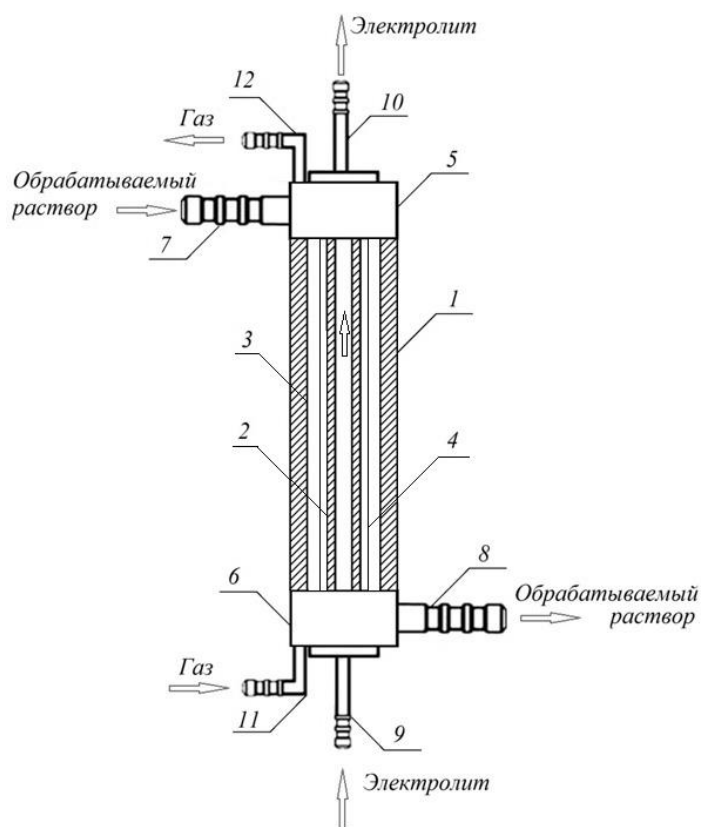


Рис. 1. Плазмокаталитический реактор обработки жидкости барьерным разрядом: 1 – электрод внешний цилиндрический; 2 – электрод внутренний, заполненный электролитом, выполненный из металла, на внешнюю поверхность которого нанесен диэлектрический полимерный материал; 3 – пленка обрабатываемой жидкости; 4 – носитель каталитического слоя; 5 – формирователь пленочного потока жидкости; 6 – коллектор для сбора обрабатываемой жидкости; 7 – штуцер ввода обрабатываемой жидкости; 8 – штуцер вывода обработанной жидкости; 9 – штуцер ввода охлаждающего электролита; 10 – штуцер вывода охлаждающего электролита; 11 – штуцер ввода газа; 12 – штуцер вывода газа [1]

Устройство работает следующим образом. Обрабатываемый раствор поступает в реактор через штуцер ввода обрабатываемой жидкости (7) и попадает в формирователь пленочного потока жидкости (5). Далее тонкая пленка обрабатываемой жидкости (3) стекает по внутренней поверхности корпуса реактора, являющегося внешним электродом (1). Барьерный разряд возбуждается между внутренним электродом, выполненным из металла, на внешнюю поверхность которого нанесен полимерный материал (2), и поверхностью жидкости (3). Кроме тонкой пленки жидкости в межэлектродном пространстве проходит газовый поток (кислород воздуха или инертный газ), подающимся через штуцер ввода газа (11) и выводящимся через штуцер вывода газа (12). В зоне газового потока установлен носитель катализатора (4) с целью отведения тепла из зоны возбуждения разряда внутри металлического электрода, выполненного из металла, на внешнюю поверхность которого нанесен полимерный мате-

риал (2), предусмотрен проток охлаждающего электролита, вводимого через штуцер ввода электролита (9) и выводимого через штуцер вывода электролита (10). Обработанная барьерным разрядом жидкость собирается в коллекторе (6) и далее выводится из реактора через штуцер вывода обработанной жидкости (8) [1].

Представленный на рис. 2 эмиссионный спектр излучения барьерного разряда имеет наибольшую интенсивность в спектральном диапазоне от 200 до 500 нм и характеризуется полосами излучения азота N₂ (B→C), гидроксила OH (A→X), оксида азота NO (X→A), присутствующих в газовой фазе (воздух) и, образующихся при разложении молекул воды. Повышение скважности импульса электрического тока повлекло за собой изменение в спектральной картине с перераспределением интенсивности в длинноволновую область в пределах от 303 до 316 нм, что соответствует излучению гидроксила (OH). В видимой области спектра наблюдались малоинтенсивные спектральные линии атома водорода.

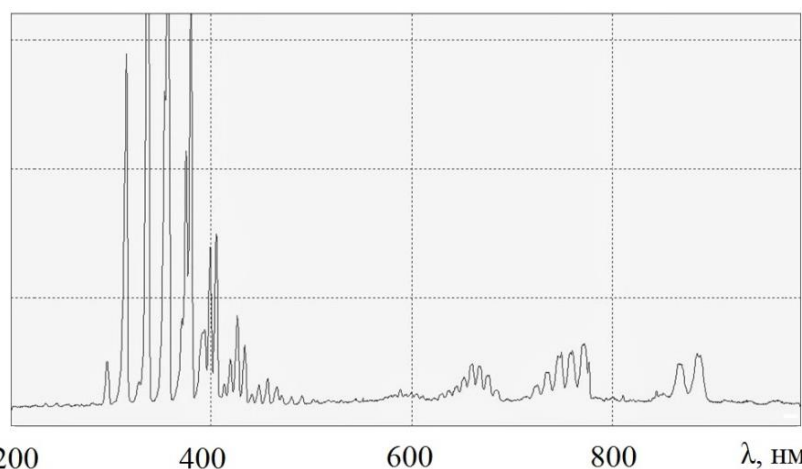
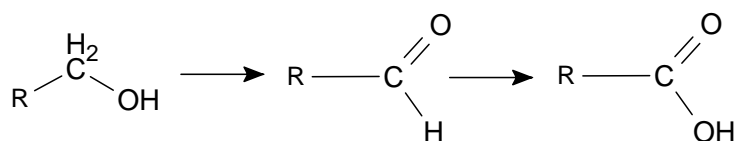


Рис.2. Эмиссионный спектр барьерного разряда (амплитуда 6 кВ; частота 45 кГц)

Эффективность окисления органических веществ оценивали методом газожидкостной хроматографии. В качестве модельных растворов использовались системы, содержащие алифатические спирты, альдегиды и карбоновые кислоты.

Общая схема процесса окисления соединений алифатического ряда после прохождения плазмокаталитической обработки барьерным разрядом может быть представлена общей схемой:



Кроме поэтапного окисления углерода метиленовой группы до карбоксильного, наблюдается явление окислительной деструкции, с разрывом углерод-углеродной связи, в результате чего происходит минерализация (CO₂, H₂O).

Эффективность обезвреживания водных растворов органических веществ зависит от ряда факторов – исходной концентрации примеси, времени экспозиции растворов (количество циклов обработки) и т.д.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках реализации Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 – 2020 годы». Уникальный идентификатор соглашения RFMEFI58317X0068.

Список литературы:

1. Якушин Р.В., Чистолинов А.В., Колесников В.А., Перфильева А.В. Плазмокаталитический реактор обработки жидкости барьерным разрядом/ Патент на полез-

ную модель № 185700. Дата подачи заявки: 28.09.2018. Опубликовано:
14.12.2018 Бюл. № 35.

**NEUTRALIZATION OF ORGANIC SUBSTANCES IN AQUEOUS SOLUTIONS
BY TREATMENT WITH BARRIER DISCHARGE**

R.V. Yakushin, V.A. Kolesnikov, V.A. Brodskiy, A.V. Perfilieva, I.N. Solovyeva

D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia,

e-mail: Danchemist@yandex.ru

Abstract

Dielectric barrier discharge being low-temperature plasma generated in cases with an dielectric material between the electrodes is a new method developed recently which has been used to degrade organic pollutants in waste water, because is the hydroxyl radical produced as was shown. Pollution of water with aliphatic organic substances leads to irreversible environmental changes. Physicochemical and biological methods of water treatment are being developed for controlling such pollution. Oxidation of aliphatic organic substances in water by dielectric-barrier discharge discharges was studied. The efficiency of the removal of organic substances from the solutions being treated was evaluated. The authors of the paper designed a plasma catalytic reactor that allows the dielectric-barrier discharge treatment of a solution near the surface of the liquid in the flow-through mode, so that this method can be used for technological purposes.

УДК 339.166.5

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЛИЦЕНЗИРОВАНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРИ ОБРАЩЕНИИ С ОТХОДАМИ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ НА ФГУП «ПО «МАЯК»

Т.А. Яркова

ФГУП «ПО «Маяк», г. Озерск, 456780, Россия, e-mail: cpl@po-mayak.ru

Актуальность темы лицензирования для ФГУП «ПО «Маяк» обусловлена значительным количеством образования отходов I-V классов опасности и необходимости обращения с ними в соответствии с действующим законодательством. Обращение с отходами на сегодняшний день является одной из самых глобальных и сложных проблем в экологии.

Отходы производства потребления в своем составе могут содержать токсичные компоненты в опасных концентрациях, возбудителей инфекционных и паразитарных заболеваний, радиоактивные вещества и многое другое. В частности, на ФГУП «ПО «Маяк» образуются отходы I класса опасности в виде отработавших ртутных ламп.

В статье 42 Конституции Российской Федерации [1] закреплено право граждан на благоприятную окружающую среду. Из этого следует, что в обязанность государства и предприятия входит поддержание окружающей среды в благоприятном состоянии.

В настоящее время основной целью обращения с отходами является предотвращение их вредного воздействия на здоровье человека и окружающую природную среду. Посредством лицензирования отдельных видов деятельности ФГУП «ПО «Маяк», представляющих потенциальную опасность для человека, обеспечивается санитарно-эпидемиологическое благополучие населения.

Деятельность по обращению с отходами I-V классов опасности подлежит лицензированию. Обязательным условием лицензирования деятельности по обращению с опасными отходами является соблюдение требований охраны здоровья человека и охраны окружающей природной среды. Порядок лицензирования деятельности по обращению с опасными отходами определяет Правительство Российской Федерации и Федеральный закон от 04.05.2011 № 99-ФЗ «О лицензировании отдельных видов деятельности» [2], который регулирует отношения, возникающие между федеральными органами исполнительной власти, органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации, юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями в связи с осуществлением лицензирования отдельных видов деятельности.

Лицензирование отдельных видов деятельности осуществляется в целях предотвращения ущерба правам, законным интересам, жизни или здоровью граждан, окружающей среде, объектам культурного наследия (памятникам истории и культуры) народов Российской Федерации, обороне и безопасности государства, возможность нанесения которого связана с осуществлением юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями отдельных видов деятельности. Осуществление лицензирования отдельных видов деятельности в иных целях не допускается.

Лицензируемый вид деятельности – вид деятельности, на осуществление которого на территории Российской Федерации и на иных территориях, над которыми Российская Федерация осуществляет юрисдикцию в соответствии с законодательством Российской Федерации и нормами международного права, требуется получение лицензии в соответствующих сферах деятельности. В статье 12 Закона № 99-ФЗ указан перечень видов деятельности. Лицензирование деятельности

по обращению с отходами осуществляется Федеральной службой по надзору в сфере природопользования. Лицензионные требования:

1. Наличие у соискателя лицензии (лицензиата), на праве собственности или ином законом основании, строений, зданий, сооружений, помещений для выполнения заявленных работ.

2. Наличие у лицензиата, на праве собственности и ином законом основании, оборудования и установок, сюда входит и специальное оборудование), для выполнения заявленных работ.

3. Наличие у лицензиата, заключенных трудовых договоров с работниками на осуществление деятельности в сфере обращения с отходами, профессиональной подготовки, которая подтверждается свидетельствами (сертификатами) на право работы с отходами.

4. Наличие у лицензиата, ответственного за допуск работников к работе с отходами, должностного лица.

5. Наличие, в сфере обращения с отходами, системы производственного контроля у лицензиата.

6. Проведение, на территориях объектов размещения отходов и в пределах их воздействия на окружающую среду, мониторинга состояния и загрязнение окружающей среды.

7. Извлечение ценных веществ, которые попадают в отходы после технологического процесса, из отходов перед их захоронением.

На ФГУП «ПО «Маяк» соблюдаются все лицензионные требования к сбору, транспортировке и размещению отходов I-V классов опасности. На предприятии имеется полигон для размещения отходов IV класса опасности:

1. Полигон включен в государственный реестр объектов размещения отходов (ГРОРО).

2. Проект полигона имеет положительное заключение государственной экологической экспертизы.

3. Имеются документы, подтверждающие наличие в собственности предприятия зданий, строений, сооружений, помещений, для осуществления лицензионного вида работ.

4. Служба экологии совместно с центральной заводской лабораторией в 2017 году разработала инструкцию по эксплуатации полигона. Данная инструкция прошла обязательное согласование с Межрегиональным управлением № 71 ФМБА России.

5. На полигоне соблюдаются противопожарные и санитарно-эпидемиологические требования.

Список литературы:

1. Конституция Российской Федерации: принята всенародным голосованием 12.12.1993 (с учетом поправок, внесенных Законами Российской Федерации о поправках к Конституции Российской Федерации от 30.12.2008 № 6-ФКЗ, от 30.12.2008 № 7-ФКЗ, от 05.02.2014 № 2-ФКЗ, от 21.07.2014 № 11-ФКЗ) // Собрание законодательства Российской Федерации - 04.08.2014. - № 31. - Ст. 4398.
2. О лицензировании отдельных видов деятельности: федеральный закон от 04.05.2011 № 99-ФЗ: официальный текст по состоянию на 31.12.2014 // Российская газета. — № 97. — 06.05.2011.

**TOPICAL ISSUES OF LICENSING ACTIVITIES CONCERNING
PRODUCTION AND CONSUMPTION WASTE MANAGEMENT
AT MAYAK PRODUCTION ASSOCIATION**

T. A. Yarkova

*Federal State Unitary Enterprise Mayak Production Association,
Ozyorsk, 456780, Russia, e-mail: cpl@po-mayak.ru*

Abstract

The paper brings up the main aspects of a problem concerning licensing of activities related to management of waste of hazard classes I to IV at Mayak Production Association. The paper summarizes the experience gained in the course of obtaining the licenses and interacting with supervision agencies in accordance with federal legislation.

УДК 641.841

ПОВЫШЕНИЕ ПОЖАРОУСТОЙЧИВОСТИ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПОСТРОЕК СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

А.Б. Яхьяев, Ш.Ф. Рефили, И.Б. Гаджиева

Азербайджанский Архитектурно Строительный Университет,

e-mail: yahyayev-azasu@bk.ru

Введение. В современной строительной индустрии из древесины возводят индивидуальные коттеджи, культурные, спортивные, культовые и другие объекты. Такая практика достаточно динамично развивается в ряде Европейских стран, Австралии, США и Канаде [1].

По прогнозу в ближайшее время малоэтажное деревянное строительство может стать одним из самых перспективных строительных направлений в мире. Независимо от всех существующих технологических и нормативных барьеров, по прогнозам экспертов Европейского рынка недвижимости в период до 2015 г. ожидается среднегодовой темп роста востребованности деревянных домов около 10 %, а в период до 2020 г. в пределах 20-25 % [2,3].

В последние годы в Азербайджане тоже наблюдается расширения строительство деревянных офисов, отелей, детских площадок, ресторанов и др. объектов специального назначения (Например, Детский парк Коала - г. Баку, Насиминский р-н; Дом чая – г. Баку Центральный автовокзал и т.д.). Эти объекты строились в основном бескаркасной конструктивной системой с разными функциями используемых деревянных конструкций. При этом использовались массивных бревен или брусья, выполняющие одновременно несущие и ограждающие функции конструкций внешних стен, которые воспринимают все вертикальные нагрузки, а также горизонтальные нагрузки через перекрытия в постройки.

Как известно, дерево является одним из самых экологически чистых видов строительных материалов. Из дерева изготавливают отдельные элементы несущих конструкций, перегородок, кровель, несущих стен и т.д. Но у дерева есть один существенный недостаток – боязнь огня. С другой стороны, к каждому сооружению из деревянных конструкций в независимости от их назначения предъявляются высокие требования относительно пожарной безопасности. Поэтому, перед выводом в эксплуатацию они обязательно проходят проверку пожарными службами на соответствие ГОСТ и СНИП [10].

Однако, сделанные в республике в этом направлении работы и проведенные мероприятия были недостаточны и единичны. Например, в основном в общественных зданиях специального значения, в т. ч. в детских домах, учебно-воспитательных центрах, медико-спортивных учреждениях, домах отдыха и т.д. проводимые мероприятия по защите от пожаров ограничивались установлением в этих учреждениях только пожарного щита с соответствующими средствами. А огнестойкость применяемых для внутренних и наружных оформлений данных сооружений деревянных конструкций и материалов не учитывались. В результате случившихся в г. Баку в последнем десятилетии пожарах в: Торговом Центре Седерек, Торговом Центре Бина, Дом Пожилых - пос. Бильгях, Жилой дом - пр. Азадлыг, Торговый Центр Диглас - 8-ом километре и т. д., причинен огромный ущерб, которые сопровождалась человеческими потерями.

Во время проверки места пожара были обнаружены что, основная причина заключается использование при строительстве и оформлении этих сооружений материалов, не прошедших огнезащитной обработки. Выяснилось, что в редких случаях в деревянных сооружениях с нанесением покрытий на деревянных элементах прово-

дидлись огнезащитные обработки. При этом использовали имеющие на внутреннем рынке огнезащитных составов (в основном производство Турции, России и Беларуси).

В Республике до 90-е годы прошлого столетия по огнезащите древесных материалов использовались опыты союзных республик, а в последние около 25 лет в этом направлении научно-технических разработок и производственные эксперименты не проводились.

Учитывая положение дел в Архитектурно-Строительном Университете, начали создавать лаборатории по определению огнезащитной эффективности веществ и пропиток древесины и материалов на ее основе. Одновременно, начались поиски по разработке антипиренов на основе в основном отходов нефтяной и химической промышленности страны. А также, в кафедре «Черезвычайных Ситуации и Безопасность Жизнедеятельности» начали подготовить соответствующих кадров – специалистов из числа магистров и аспирантов.

Цель работы – анализировать пожароопасность деревянных конструкций применяемые в сооружениях специального назначения и определить возможности разработки и применение огнезащитных составов, а также методы проверки конструкций пройденные огнезащитные обработки, которые отвечают их условиям эксплуатации.

Как известно, пожароопасность конструкций характеризуется продолжительностью времени, в течение которого в условиях пожара они сохраняют свою несущую способность и устойчивость. Пожароопасность деревянных конструкций (0,5...0,75 ч) относительно высокая по сравнению с другими конструкциями, однако эти конструкции сгораемы. Под действием огня древесина обугливается со скоростью 0,6...1 мм в минуту. В результате обугливания уменьшается рабочее сечение элементов, вследствие нагревания понижается прочность древесины, что служит причиной разрушения конструкций. Температура самовозгорания древесины составляет 360-400° градусов, а при 250-300° градусов дерево загорается от открытого пламени. Но при постоянном нагревании дерево может загореться самостоятельно и при 150-160° градусах [4,5].

В разных странах на применяемых в строительной индустрии горячих и легко воспламеняющихся материалов и конструкции на их основе вводится определенное ограничение. Например, в Англии, США, Норвегии и др. странах вводится нормативы применение в постройках жилищно-общественного назначения только деревянных материалов и конструкции на их основе прошедшие огнезащитные обработки. К таким нормативам относятся и Регистральные правила вводимые 80-е годы прошлого столетия на территории бывшего Союза Республик. По этим правилам, в общественно-жилищном строительстве на 1 кв. м. пола загроможденность горючими и трудно воспламеняющимися материалами не должна превышать 45 кг. Данная правила требует изготовления перегородок, облицовки стен, дверных и оконных проемов, мебели и др. деревянные изделия и элементов конструкции из негорючих или трудногорючих материалов [6,7]. Однако, в большинстве деревянных сооружений г. Баку эти требования не выполняются. Например, В Коала парке и Дом чая загроможденность постройки деревянными конструкциями на 1 кв.м. превышает 2-3 раза установленной нормы (рис. 1), эта делает их более пожароопасной в сухой и жаркой климатических условиях г. Баку особенно в летних и осенних сезонах.

Как известно, пожаростойкость деревянных конструкций обеспечивается конструктивными и химическими мероприятиями. Конструктивные мероприятия в постройках специального назначения проводится по соответствию проекта к которым относятся: массивность деревянных элементов, отсутствие острых ребер и выступающих частей, отсутствие щелей и трещин, беспустотность ограждающих элементов зданий, применение в них негорючих утеплителей, защита поверхностей

элементов обмазками, покрытием асбестоцементными или гипсолитовыми листами, штукатуркой толщиной 1,5 см и т.д. [9]



а) Детский парк Коала;

б) Дом чая

Рис. 1. Деревянные сооружения г. Баку специального назначения

В нашей лаборатории в качестве обмазки деревянных элементов и конструкции проверяются составы: извест + КС (карбамидная смола) + аммонийные соли; суперфосфат + КС + аммонийные соли. В составе КС применяли в 10-20% водном растворе, а в качестве аммонийные соли - диаммонийфосфат и сульфат аммония. Компоненты в составе обмазки проверялись в разных соотношениях, основу которых составлял извест и суперфосфат. Этих составов в лабораторных условиях на деревянные элементы наносили кистями за два раза с промежуточной сушкой слоев. Деревянные элементы и конструкции с экспериментальными огнезащитными обмазками в большинстве случаев относятся к трудновоспламеняющимся материалам. Работа с целью создания более эффективного огнезащитного обмазка в т. ч. с указанными компонентами продолжается.

Более надежной считается химические меры защиты, при которых получают трудногораемые или защищенные от возгорания деревянные элементы. Защита от возгорания достигается покрытием огнезащитными ЛКМ с расходом сухой соли не менее 100 г/м². В этом способе защитный эффект получается при нагревании антипиренов, которые плавятся и покрывают поверхность древесины пленкой, прекращающей доступ кислорода, или разлагаются с выделением большого количества негорючих газов, которые оттесняют воздух от горячей поверхности [8].

В последние годы применялись поверхностная обработка готовых деревянных сооружений изнутри и снаружи огнезащитными покрытиями. При этом со стороны владельцев в основном предъявлялись следующие требования: не пострадал отделки интерьера помещений; не изменить окраску, фактуру и структуру деревянных элементов. Данный способ огнезащиты считается несложным, очень эффективным, но весьма дорогим. Поэтому, в нашей лаборатории начали проводить работы по созданию огнезащитных ЛКМ для прозрачных и непрозрачных покрытий деревянных элементов и конструкций сооружений специального назначения.

В результате поиска доступных и недорогих в республике веществ, а также в соответствии с НПБ 251-98 компонентов ОВП останавливались на неорганические кислоты и их производные (фосфорная кислота, полифосфат аммония и др.), вспенивающие компоненты – газообразователи (меламин, мочевины и др.), галогенсодержащие добавки (хлорпарафин и др), пленкообразователи (ПВА-дисперсии, эпоксицидные и кремнийорганические смолы) и наполнители. В данное время в нашей лаборатории проводится работы по изучению совместимости в определенных соотношениях этих компонентов и созданию эффективных огнезащитных покрытий на их основе. Для предварительной оценки огнезащитных свойств экспериментальных покрытий с разных мест деревянных конструкций обработанные этими составами бра-

ли забор в виде щепки и поджигали с помощью спички. При этом основным критерием оценки была время горения щепки после удаления источника пламя. Работа в этом направлении продолжается.

Выводы. На основе проведенных работ можно отметить следующие:

1. Установлено что, в республике последние десятилетия в сооружениях специального назначения на пожароопасность деревянные элементы и конструкции на их основе не было удалено достаточного внимание, в результате случившиеся пожары причинили огромный ущерб сопровождающийся с человеческими потерями.

2. Выявлено что, в республике практика создание огнезащитных составов и их производственного применение не было. Поэтому, при Архитектурно Строительном Университете начали создавать базовой лаборатории по разработке огнезащитных составов деревянных конструкции и проверка образцов обработанные с этими составами.

3. Обосновано целесообразность применение в республике конструктивные и химические способы через огнезащитные покрытия поверхности деревянных элементов и конструкции на их основе. Следовательно, в нашей лаборатории ведется работы по созданию огнезащитных обмазок, красок и лаков для получения непрозрачных и прозрачных поверхностей деревянных конструкций с огнезащитными свойствами.

Список литературы:

1. Гилетич А.Н., Хасанов И.Р., Макеев А.А. Пожарная безопасность многоэтажных зданий из деревянных конструкций // Пожарная безопасность. М.: ВНИИПО, 2014, № 2, С. 116-125.
2. Гусев А.И., Пазникова С.Н., Кожевникова Н.С. Повышение огнестойкости деревянных конструкций // Пожаровзрывобезопасность. 2008, Т. 15, № 3, С. 30-35.
3. Демехин В.Н., Мосалков И.Л., Серков Б.Б. и др. Здания, сооружения и их устойчивость при пожаре. М.: Академия ГПС МЧС России, 2003, 656 с.
4. Еремина Т. Ю., Гравит М. В., Дмитриева Ю. Н. Особенности и принципы построения рецептур огнезащитных вспучивающихся композиций на основе эпоксидных смол // Пожаровзрывобезопасность. 2012, № 7, С. 52–56.
5. Леонович А.А., Ани Э.В. Огнезащита древесных материалов. // Механ. обработ. древесины. Эксп. инфор., 1980, №11, С. 13-17.
6. Рекомендации по применению огнезащитных покрытий для деревянных конструкций. М.: ВНИИПО, 1983, 24с.
7. Романенков И.Г., Зигерн-Корн В.Н. Огнестойкость строительных конструкций из эффективных материалов. М.: Стройиздат, 1984, 240 с.
8. Рыков Р.И. Оценка эффективности антипиренов для деревянных конструкций // Лесной журнал, 1983, №5, С.81-84.
9. Хасанов И.Р. Особенности пожарной безопасности зданий из деревянных конструкций // Пожаровзрывобезопасность. М.: ВНИИПО, 2016, т. 25, № 11, С. 51-60.
10. Яхьяев А.Б. Разработка технологию изготовления трудногорючих древесностружечных плит. Минск: БГТУ, 1990, 184с.

**INCREASE FIRE RESISTANCE OF WOODEN
CONSTRUCTIONS OF CONSTRUCTIONS OF SPECIAL PURPOSE**

A.B. Yakhyayev, Sh.F. Rafili, I.B. Hacıyeva

Azerbaijan University of Architecture and Construction,

e-mail: yahyayev-azasu@bk.ru

Abstract

The article discusses the state of affairs in the field of fire resistance of wooden structures of buildings and structures in the country. To this end, we studied the choice and application of wooden structures and the measures taken for their fire protection in special-

purpose buildings. It was revealed that, in the republic there was no scientific and production practice in the field of fire protection of wooden structures, therefore, in special wooden structures created in recent years, in some cases only fire protection coatings of import supplies were used. Taking into account the state of affairs in fire protection of wooden structures, the Architectural Construction University began to organize a basic laboratory for the creation of flame retardants and testing their effectiveness. At this time, work is underway to create flame retardant coatings, paints and varnishes to obtain opaque and transparent surfaces of wooden structures with flame retardant properties.

Научное издание

УДК 502/504(06)

ББК 20.1я43

Э 40

Э 40 **Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2019** : сборник статей по материалам международной научно-практической конференции «Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2019» (23 – 26 сентября 2019 г.) / под ред. Л. И. Лукиной, Н. В. Ляминой. – Севастополь: СевГУ, 2019. – 1843 с.

ISBN 978-5-6041740-3-6

Environmental, Industrial and Energy Security – 2019 : a collection of articles on the materials of the international scientific and practical conference «Environmental, Industrial and Energy Security – 2019» (September 23 – 26, 2019) / Ed. by L. I. Lukina, N.V. Lyamina. – Sevastopol: SevSU, 2019. – 1843 p.

На русском языке

ISBN 978-5-6041740-3-6



9 785604 174036