

XX Национальная конференция
по использованию Синхротронного Излучения
"СИ-2014"

7 - 10 июля 2014 г.

КНИГА ТЕЗИСОВ

Новосибирск 2014

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|-----------|
| ПРОЕКТ ПОВЫШЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ СИ ДЛЯ ДИФРАКЦИОННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПРИ ВЫСОКОМ ДАВЛЕНИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕНТГЕНОВСКИХ ПРЕЛОМЛЯЮЩИХ ЛИНЗ. У.В. Анчарова, В.П. Назьмов. | 9 |
| ИЗГОТОВЛЕНИЕ РЕНТГЕНОШАБЛОНОВ ПРИ ПОМОЩИ КОНТАКТНОЙ ФОТОЛИТОГРАФИИ. А.Н. Генцелев, Б.Г. Гольденберг, В.И. Кондратьев, А.Г. Лемзяков. | 10 |
| ТИТАНОВЫЕ РЕНТГЕНОШАБЛОНЫ. А.Н. Генцелев, А.Г. Зелинский, В.И. Кондратьев, А.Г. Лемзяков. | 11 |
| ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ СТАНЦИЯ ДЕТОНАЦИЯ НА ПУЧКЕ СИНХРОТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ 7-МИ ПОЛЮСНОЙ ЗМЕЙКИ ВЭПП-4. Б.П. Толочко, А.В.Косов, К.А.Тен, Э.Р.Прууэл, В.М.Аульченко, Л.И.Шехтман, О.В.Евдоков, И.Л.Жогин, М.Р.Шарафутдинов, В.П.Назьмов, К.В.Золотарев, Н.А.Мезенцев, М.А.Шеромов, | 11 |
| КОНЦЕПЦИЯ МАГНИТООПТИЧЕСКОГО МОДУЛЯТОРА РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ТЕРАГЕРЦОВЫХ ЧАСТОТАХ. В.Н.Заблуда, Б.А.Князев, Г.Н.Кулипанов, А.Э.Соколов, С.Г.Овчинников, В.И.Тугаринов. | 12 |
| РЕЗУЛЬТАТЫ АППАРАТУРНОГО ОСНАЩЕНИЯ НА СИНХРОТРОННОМ ИЗЛУЧЕНИИ В ЗАДАЧАХ СТРУКТУРНОЙ БИОЛОГИИ ТКАНЕЙ. Корнеев В.Н., Шлектарев В.А., Забелин А.В., Ланина Н.Ф., Аульченко В.М., Толочко Б.П., Вазина А.А. | 12 |
| MASS DEFECT IN SU-8 POLYMER EXPOSED TO X-RAYS. V. Nazmov, A. Völker, T. Fischböck, J. Rothe, E. Huttel. | 13 |
| РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ 2D СТАБИЛИЗАЦИИ ПУЧКОВ СИ НАКОПИТЕЛЯ ВЭПП-3. А.Н. Алешаев, С.И. Мишнев, С.М. Пищенко, А.Ф. Ровенских, А.Н. Селиванов, П.А. Селиванов, М.Г. Федотов. | 14 |
| РАЗРАБОТКА БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩЕГО ТВЕРДОТЕЛЬНОГО ДЕТЕКТОРА ДЛЯ ВЫСОКОТОЧНОЙ РЕНТГЕНОГРАФИИ БЫСТРОПРОТЕКАЮЩИХ ПРОЦЕССОВ. Л.И.Шехтман, В.М.Аульченко, В.В.Жуланов, Э.Р.Прууэл, Б.П.Толочко, | 15 |
| СВЕРХБЫСТРАЯ ОДНОИМПУЛЬСНАЯ TIME-DOMAIN СПЕКТРОСКОПИЯ КАК МЕТОД ДИАГНОСТИКИ МОДУЛЯЦИОННОЙ НЕУСТОЙЧИВОСТИ В ЛАЗЕРЕ НА СВОБОДНЫХ ЭЛЕКТРОНАХ. Кубарев В.В. | 16 |
| МОДА HE11 В ВОЛНОВОДНОМ ТГЦ ЛСЭ. Мигинский С.В. | 16 |
| THE MEASUREMENT AND MONITORING OF SPECTRUM AND WAVELENGTH OF COHERENT RADIATION AT NOVOSIBIRSK FREE ELECTRON LASER. S.S.Serednyakov, V.V.Kubarev. | 16 |
| СИСТЕМА ЛОКАЛИЗАЦИИ ПОТЕРЬ ПУЧКА В ВАКУУМНОЙ КАМЕРЕ МИКРОТРОНА ЛСЭ НА БАЗЕ РАДИАЦИОННОГО ДАТЧИКА. Т. В. Саликова, Н. А. Винокуров, О. И. Дейчули, А. В. Репков, О. А. Шевченко, М. А. Щеглов. | 17 |
| ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЖЕСТКОГО РЕНГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ДИФРАКЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ. Анчаров А.И. | 17 |
| СПОСОБЫ АДАПТАЦИИ ВЫСОКОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ КИСЛОРОДНЫХ ВАКАНСИЙ В ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ФАЗЕ НЕСТЕХИОМЕТРИЧЕСКИХ ФЕРРИТОВ СТРОНЦИЯ. У.В. Анчарова. | 18 |
| СТРУКТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НАНО-СИСТЕМ ПОСТРОЕНИЕМ ФУНКЦИЙ РАДИАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ АТОМОВ ИЗ ДИФРАКЦИОННЫХ ПРОФИЛЕЙ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ПРОСВЕЧИВАЮЩЕЙ ДИФРАКТОМЕТРИИ. У.В. Анчарова, В.П. Пахарукова. | 19 |
| СТРУКТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ФЕРРИТОВОЙ КЕРАМИКИ, ПОЛУЧЕННОЙ РАДИАЦИОННО-ТЕРМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ. У.В. Анчарова, М.А. Михайленко, Б.П. Толочко, М.В. Коробейников, З.С. Винокуров. | 20 |
| НАНОДОМЕННЫЕ СОСТОЯНИЯ ПЕРОВСКИТОПОДОБНЫХ ОКСИДОВ НА ОСНОВЕ НЕСТЕХИОМЕТРИЧЕСКИХ ФЕРРИТОВ СТРОНЦИЯ С ВЫСОКИМ ДЕФИЦИТОМ ПО КИСЛОРОДУ. У.В. Анчарова | 21 |
| ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗОТЕРМИЧЕСКОГО СЖАТИЯ ТРИАМИНОТРИНITРОБЕНЗОЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИНХРОТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ. Л.Х. Бадретдинова, О.В. Костицын, Е.Б. Смирнов, А.В. Станкевич, К.А. Тен, Б.П. Толочко. | 23 |

| | |
|---|-----------|
| ЧЕМ СТРУКТУРА «ЖИВОГО» ОТЛИЧАЕТСЯ ОТ СТРУКТУРЫ «НЕЖИВОГО». А.А. Вазина | 24 |
| РОЛЬ ЭКЗОГЕННЫХ И ЭНДОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА СТРУКТУРУ ЦИТОСКЕЛЕТА И МЕЖКЛЕТОЧНОГО МАТРИКСА БИОЛОГИЧЕСКОЙ ТКАНИ НА ПРИМЕРЕ ТКАНИ ВОЛОСА. А.А. Вазина, Н.Ф. Ланина, В.Н. Корнеев, А.В. Забелин, Г.Н. Кулипанов. | 25 |
| ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ V₂O₅ НА КИНЕТИКУ И МЕХАНИЗМ ОКИСЛЕНИЯ ПОРОШКА АСД-4. В.Г. Шевченко, В.Н. Красильников, Д.А. Еселевич, А.В. Конюкова, А.И. Анчаров, Б.П. Толочко. | 25 |
| УРАВНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ И СТРУКТУРА КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ГЛУБИННЫХ ПРОЦЕССОВ: ДИФРАКТОМЕТРИЯ <i>IN SITU</i> ПРИ ВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЯХ И ТЕМПЕРАТУРАХ. А.Ю. Лихачёва, С.В. Ращенко, П.Н. Гаврюшкин, С.В. Горяйнов, А.С. Крылов, К.Д. Литасов, Т.М. Инербаев, Ю.В. Сереткин, А.Д. Чанышев, А.Ю. Манаков, А.И. Анчаров. | 26 |
| SAXS/WAXS ИССЛЕДОВАНИЯ ТКАНИ ШЕРСТИ МУТАНТНЫХ МЫШЕЙ. Г.С.Петерс, А.А.Васильева, А.В.Забелин, А.Ю.Грузинов, Н.Ф.Ланина, А.Г.Малыгин, А.А.Вазина. | 27 |
| IN SITU ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОКОЛЕБАНИЙ В РЕАКЦИИ ОКИСЛЕНИЯ МЕТАНА НА НИКЕЛЕ МЕТОДОМ РФА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИНХРОТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ. А.А. Сараев, З.С. Винокуров, С.П. Иванова, А.Н. Шмаков, В.И. Бухтияров, В.В. Каичев. | 28 |
| ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРО-, МЕЗО И МАКРОСТРУКТУРЫ КОНДЕНСИРОВАННЫХ ГЕТЕРОГЕННЫХ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИНХРОТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ. Смирнов Е.Б., Музыря А.К., Костицын О.В., Бадретдинова Л.Х., Тен К.А., Прууэл Э.Р., Толочко Б.П., Шарафутдинов, М.Р., Шмаков А.Н., Куров К.Э. | 29 |
| СТРУКТУРНЫЕ ДИФРАКЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТКАНИ РЕСНИЦ ГЛАЗА ПАЦИЕНТОВ ОЖОГОВОГО ОТДЕЛЕНИЯ ИНСТИТУТА ГЛАЗНЫХ БОЛЕЗНЕЙ И ТКАНЕВОЙ ТЕРАПИИ ИМ. В.П.ФИЛАТОВА НАМН УКРАИНЫ. И.А. Старосельский, Г.С. Петерс, А.В. Забелин, Р.И. Чаланова, Н.В. Пасечникова, А.А. Вазина. | 30 |
| ДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ ЛАУЭ-ДИФРАКЦИИ ФЕМТОСЕКУНДНЫХ РЕНТГЕНОВСКИХ ИМПУЛЬСОВ НА СЛАБОИЗОГНУТЫХ КРИСТАЛЛАХ. Чен | 31 |
| СОСТОЯНИЕ РАБОТ НА СТАНЦИЯХ «АНОМАЛЬНОЕ РАССЕЯНИЕ» И «ПРЕЦИЗИОННАЯ ДИФРАКТОМЕТРИЯ» В СЦСТИ. А.Н.Шмаков, З.С.Винокуров, А.Г.Селютин. | 31 |
| КИНЕМАТИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ УГЛОВОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МОЩНОСТИ И ЛИНЕЙНОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ РЕЛЯТИВИСТСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПРОИЗВОЛЬНО ДВИЖУЩЕГОСЯ ЗАРЯДА. В.Г.Багров, В.А.Бордовицын, А.В.Куликова. | 32 |
| КОНСТРУКЦИЯ ВАКУУМНОГО ОНДУЛЯТОРА НА ПОСТОЯННЫХ МАГНИТАХ С МЕЖПОЛЮСНЫМ ЗАЗОРОМ, ПОВТОРЯЮЩИМ ОГИБАЮЩУЮ ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА. Воблый П.Д., Колокольников Ю.М. | 33 |
| ОНДУЛЯТОР НА ПОСТОЯННЫХ МАГНИТАХ С ПЕРЕМЕННЫМ ЗАЗОРОМ ДЛЯ ЛАЗЕРА НА СВОБОДНЫХ ЭЛЕКТРОНАХ. Батраков А.М., Воблый П.Д., Гуров Д.С., Зуев В.В., Ильин И.В., Клименко А.С., Колокольников Ю.М., Огурцов А.Б., Уткин А.В., Хавин Н.Г. | 33 |
| СИСТЕМЫ МАГНИТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ СВЕРХПРОВОДЯЩИХ ВИГГЛЕРОВ НА ОСНОВЕ НАТЯНУТОЙ ПРОВОЛОКИ С ТОКОМ. Зорин А. В., Мезенцев Н. А., Цуканов В. М. | 33 |
| 4,2 Т СВЕРХПРОВОДЯЩИЙ МНОГОПОЛЮСНЫЙ ВИГГЛЕР ДЛЯ АВСТРАЛИЙСКОГО СИНХРОТРОНА. Зорин А. В., Мезенцев Н. А., Волков А. А., Шкаруба В. А., Хрущев С. В., Цуканов В. М. и другие. | 34 |
| МУЛЬТИПОЛЬНЫЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТЫ ДЛЯ БУСТЕРА VNL (США) И ЛИНАКА MAX IV LAB (ШВЕЦИЯ). Батраков А.М., Воблый П.Д., Гуров Д.С., Зуев В.В., Кобец В.В., Огурцов А.Б., Павленко А.В., Уткин А.В., Филипченко А.В. | 34 |
| СПИРАЛЬНЫЕ ОНДУЛЯТОРЫ ДЛЯ КОЛЛАЙДЕРА ТЯЖЁЛЫХ РЕЛЯТИВИСТСКИХ ИОНОВ (RHIC) В БРУКХЕЙВЕНСКОЙ НАЦИОНАЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРИИ. Батраков А.М., Воблый П.Д., Гуров Д.С., Зуев В.В., Ильин И.В., Клименко А.С., Колокольников Ю.М., Огурцов А.Б., Уткин А.В., Хавин Н.Г. | 34 |

| | |
|--|-----------|
| ОСОБЕННОСТИ ЗАПУЛЕНИЯ ИНТЕГРАЛОВ МАГНИТНОГО ПОЛЯ В ВИГГЛЕРАХ И ОНДУЛЯТОРАХ С ЧЁТНЫМ ЧИСЛОМ ПОЛЮСОВ. С.В.Хрущев, В.А.Шкаруба, В.М.Цуканов, Н.А.Мезенцев, В.Х.Лев. | 34 |
| СВЕРХПРОВОДЯЩИЙ 15-ПОЛЮСНЫЙ ВИГГЛЕР С ПОЛЕМ 7.5 Т ДЛЯ LSU-CAMD. Волков А.А., Зорин А.В., Лев В.Х., Мезенцев Н.А., Сыроватин В.М., Тарасенко О.А., Хрущев С.В., Цуканов В.М., Шкаруба В.А. | 35 |
| TEMPERATURE- AND PRESSURE-DEPENDENT HYDROGEN CONCENTRATION IN SUPPORTED PdHx NANOPARTICLES BY Pd K-EDGE X-RAY ABSORPTION SPECTROSCOPY. Aram L. Bugaev, Alexander A. Guda, Kirill A. Lomachenko, Vasily V. Srabionyan, Lusegen A. Bugaev, Alexander V. Soldatov, Carlo Lambertini, Vladimir P. Dmitriev, Jeroen A. van Bokhoven. | 35 |
| СТРОЕНИЕ НАНЕСЕННЫХ Pd-Ag СТЕКЛОТКАННЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ, СИНТЕЗИРОВАННЫХ МЕТОДОМ СВС, ПО ДАННЫМ ASS, XF, ESXA И EXAFS. А.И. Низовский, А.В. Калинин, Д.И. Кочубей, Ю.С. Котолевич, Н.Е. Богданчикова, М.Ю. Смирнов, П.Г. Цырульников, М.В. Тренихин, Н.И. Петрова, В.Б. Гончаров. | 36 |
| ХАРАКТЕРИСТИКА d и f СОСТОЯНИЙ В ИНТЕРМЕТАЛЛИДАХ GdNi_{5-x}Cu_x МЕТОДОМ РЕЗОНАНСНОЙ ФОТОЭМИССИИ. В.И. Горбенко, Т.В. Кузнецова, А.Г. Кукин | 37 |
| ФОТОЛУМИНЕСЦЕНЦИЯ И РЕНТГЕНОВСКАЯ ФЛУОРЕСЦЕНЦИЯ КОМПЛЕКСНЫХ ОКСИДОВ ПРИ СЕЛЕКТИВНОМ ФОТОННОМ ВОЗБУЖДЕНИИ. В.Ю. Иванов, Э.И. Зинин, В.А. Пустоваров. | 38 |
| ВЛИЯНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ИМПУЛЬСНОГО ИОННОГО ПУЧКА НА ЭЛЕКТРОННУЮ СТРУКТУРУ СЛОЕВ ОРИЕНТИРОВАННЫХ МУНТ. Корусенко П.М., Болотов В.В., Несов С.Н. | 39 |
| X-RAY ABSORPTION NEAR-EDGE STRUCTURE SPECTROSCOPY FOR DIAGNOSTICS OF ATOMIC AND ELECTRONIC STRUCTURE OF GEOLOGICAL MATERIALS. A.N. Kravtsova, I.S. Rodina, A.V. Soldatov, A. Walker, A. Berry. | 40 |
| XPS И XANES ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ СТРУКТУРЫ КОМПОЗИТОВ SNOX/МУНТ. С.Н.Несов, В.В.Болотов, П.М.Корусенко. | 41 |
| ШУМОВАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ EXAFS СПЕКТРОВ ПРИ УСТАНОВЛЕНИИ ЗАРЯДОВОГО СОСТОЯНИЯ ЗОЛОТА В СУЛЬФИДНЫХ РУДАХ. Паньков А.В., Канажевский В.В., Кочубей Д.И. | 42 |
| ФОРМИРОВАНИЕ ИКОСАЭДРИЧЕСКОЙ ФАЗЫ В КВАЗИКРИСТАЛЛЕ СИСТЕМЫ AL-CU-FE. О.Е. Положенцев, М.А. Брылева, А.Н. Кравцова, В.К. Кочкина, Я.В. Зубавичус, А.В. Солдатов. | 43 |
| ИССЛЕДОВАНИЕ МОЛЕКУЛЯРНОЙ И ЭЛЕКТРОННОЙ СТРУКТУРЫ КООРДИНАЦИОННЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПЛАТИНЫ ПО ДАННЫМ СПЕКТРОСКОПИИ РЕНТГЕНОВСКОГО ПОГЛОЩЕНИЯ И DFT РАСЧЕТОВ. О.Е. Положенцев, В.К. Кочкина, В.Д. Мараганова, А.Д. Бугаев, А.В. Солдатов | 44 |
| ОПТИЧЕСКАЯ И ЛЮМИНЕСЦЕНЦИАЛЬНАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫХ КРИСТАЛЛОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ. В.А. Пустоваров | 44 |
| ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАНСФОРМАЦИИ СТРУКТУРЫ CoMo и CoMoNi ЦИТРАТНЫХ КОМПЛЕКСОВ В ПРОЦЕССЕ ПРИГОТОВЛЕНИЯ КАТАЛИЗАТОРОВ ГИДРОПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ МЕТОДОМ EXAFS. В.С. Семейкина, В.В. Канажевский, | 45 |
| ИССЛЕДОВАНИЕ Pd/СИБУНИТ И Pd-Ga/СИБУНИТ КАТАЛИЗАТОРОВ ЖИДКОФАЗНОГО ГИДРИРОВАНИЯ АЦЕТИЛЕНА МЕТОДОМ EXAFS. Н. С. Смирнова, Д.А. Шляпин, Е.А. Аношкина, Н. Б. Шитова, Д. И. Кочубей, П. Г. Цырульников | 47 |
| THE X-RAY INVESTIGATION OF NEW NANOSTRUCTURED MATERIALS FOR RENEWABLE ELECTRIC CURRENT SOURCES. G.B. Sukharina, O.E. Polozhentsev, A.A. Guda, A.L. Bugaev, V.V. Shapovalov, A. Pohl, A.V. Soldatov. | 48 |
| ПРИМЕНЕНИЕ СИНХРОТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ К ИССЛЕДОВАНИЮ СТРУКТУРЫ ОБЪЕМА И ПОВЕРХНОСТИ МАГНИТНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ СВЧ-КОМПОЗИТОВ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕХАНОИЗМЕЛЬЧЕНИЕМ В ОРГАНИЧЕСКИХ СРЕДАХ. Маратканова А.Н., Сюгаев А.В., Ломаева С.Ф. | 49 |
| ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛЕНОК ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ НА МЕХАНОИЗМЕЛЬЧЕННЫХ ПОРОШКАХ ЖЕЛЕЗА МЕТОДОМ NEXAFS СПЕКТРОСКОПИИ. Сюгаев А.В., Маратканова А.Н. | 49 |

| | |
|--|-----------|
| EXAFS-ИССЛЕДОВАНИЕ СОЕДИНЕНИЯ К-ВИ-ЦИТРАТ (ДЕ-НОЛ) В ТВЕРДОЙ ФОРМЕ И ВОДНЫХ РАСТВОРАХ РАЗЛИЧНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ. Трубина С.В., Эренбург С.Б., Юхин Ю.М. | 50 |
| ИССЛЕДОВАНИЕ КАТИОННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ В СЛОЖНЫХ ОКСИДАХ CU-CO-MN-NI-O СО СТРУКТУРОЙ ШПИНЕЛИ. Фролов Д.Д., Фёдорова А.А., Морозов И.В. | 51 |
| ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ КОМПЛЕКСА VI(III) С МЕРКАПТОПРОПИОНОВОЙ КИСЛОТОЙ (H₂MPA) В РАСТВОРЕ HClO₄ И ТВЕРДОГО КОМПЛЕКСА, СОДЕРЖАЩЕГО (MPA). С.Б. Эренбург, С.В. Трубина, А.И. Петров, И.Д. Дергачев, Н.Н. Головнев. | 52 |
| СТРУКТУРА И РАЗМЕРЫ МАЛЫХ КЛАСТЕРОВ ЗОЛОТА В ОБРАЗЦАХ, СОДЕРЖАЩИХ МОЛЕКУЛЫ КУКУРБИТ[n]УРИЛА (n=6, 7, 8). С.Б. Эренбург, С.В. Трубина, Е.А. Коваленко, О.А. Герасько, В.И.Зайковский, В.Ф. Пиндюрин, К.О. Клавинский | 53 |
| НЕПРЕВЗОИДЕННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ГЛУБОКОЙ РЕНТГЕНОЛИТОГРАФИИ: МИКРОСТРУКТУРЫ ВЫСОТОЙ 7 ММ И БОЛЕЕ. В.Назьмов, Е.Резникова. | 55 |
| ВОЗМОЖНОСТИ ПЕРСПЕКТИВНОГО ИСТОЧНИКА СИ ИЯФ В ТЕНЕВОЙ РЕНТГЕНОГРАФИИ ДЕТОНАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ. М.Г. Федотов. | 56 |
| НОВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ НА РАБОЧЕЙ СТАНЦИИ СПИН НОВОСИБИРСКОГО ТЕРАГЕРЦОВОГО ЛСЭ. Knyazev B. A. | 57 |
| ИССЛЕДОВАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ВОЛН ГОРЕНИЯ И ДЕТОНАЦИОННЫХ ВОЛН ВОДОРОДО-КИСЛОРОДНОЙ СМЕСИ В ОПТИЧЕСКОМ И ТЕРАГЕРЦОВОМ ДИАПАЗОНАХ. Васильев А.А., Пальчиков Е.И., Кубарев В.В., Чесноков Е.Н., Кошляков П.В., Долгих А.В., Красников И.Ю. | 57 |
| РАСПРОСТРАНЕНИЕ ТЕРАГЕРЦОВЫХ ПОВЕРХНОСТНЫХ ПЛАЗМОН-ПОЛЯРИТОНОВ ПО ПРЯМЫМ И ИЗОГНУТЫМ МЕТАЛЛ-ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ПОВЕРХНОСТЯМ С ВОЗДУШНЫМИ ПРОМЕЖУТКАМИ. В. В. Герасимов, В. О. Горовой, Б. А. Князев, А. К. Никитин, Г. Н. Жижин, М. Г. Власенко, И. А. Котельников. | 58 |
| РАЗРАБОТКА И ИЗГОТОВЛЕНИЕ БЛИЖНЕПОЛЬНОГО ТЕРАГЕРЦОВОГО СКАНИРУЮЩЕГО ОПТИЧЕСКОГО МИКРОСКОПА С БЛОКОМ НАРУШЕННОГО ПОЛНОГО ВНУТРЕННЕГО ОТРАЖЕНИЯ. В. П. Барсуков, А. Г. Верхогляд, В. В. Герасимов, И. С. Глебус, М. А. Завьялова, Б. А. Князев, С. Н. Макаров, М. Ф. Ступак, В. К. Овчар, Д. Г. Родионова, Ю. Ю. Чопорова, В. Ю. Штатнов. | 58 |
| ИЗМЕНЕНИЕ МОРФОЛОГИИ ЭРИТРОЦИТОВ ЗДОРОВОЙ КРОВИ ЧЕЛОВЕКА ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ТЕРАГЕРЦОВОГО ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ. Е.Л. Зеленцов, А.Ф. Мунзарова, А.С. Козлов, А.К. Петров. | 59 |
| МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ СКЕЛЕТНОЙ МЫШЦЫ МЛЕКОПИТАЮЩИХ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ МОЩНОГО ТЕРАГЕРЦОВОГО ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ. Е.Л. Зеленцов, Т.В. Сажина, А.С. Козлов, А.Ф. Мунзарова, А.К. Петров. | 60 |
| PHASE MODULATED TERAHERTZ POLARIMETER ON THE NOVOSIBIRSK FREE ELECTRON LASER. M. S. Mitkov, Yu. Yu. Choporova, B. A. Knyazev. | 61 |
| МОДЕЛИРОВАНИЕ СОБСТВЕННЫХ ЧАСТОТ АДЕНОЗИН ТРИ-, ДИ-, МОНОФОСФОРНОЙ КИСЛОТ В ТЕРАГЕРЦОВОМ ДИАПАЗОНЕ. Немова Е.Ф., Николаев Н.А. | 61 |
| КРЕМНИЕВАЯ ДИФРАКЦИОННАЯ ОПТИКА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЛАЗЕРНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ СУБМИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА. Павельев В.С., Агафонов А.Н., Володкин Б.О., Кавеев А.К., Качалов Д.Г., Князев Б.А., Кропотов Г.И., Тукмаков К.Н., Цыганкова Е.В., Цыпишка Д.И., Чопорова Ю.Ю. | 62 |
| ПРОТЕОМНЫЙ ОТВЕТ КЛЕТОК E. COLI НА ВОЗДЕЙСТВИЕ ТЕРАГЕРЦОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ. Демидова Е.В., Демидов Е.А., Попик В.М., Мещерякова И.А., Семенов А.И, Горячковская Т.Н., Колчанов Н.А., Кулипанов Г.Н., Пельтек С.Е. | 63 |
| АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ АНТИОКСИДАНТОВ НА ИНДУЦИРОВАННУЮ ТЕРАГЕРЦОВЫМ (СУБМИЛЛИМЕТРОВЫМ) ИЗЛУЧЕНИЕМ ПРОНИЦАЕМОСТЬ КЛЕТОЧНЫХ МЕМБРАН. Запара Т.А., Трескова С.П., Ратушняк А.С. | 64 |
| НОВЫЙ МЕТОД ТОЧНОГО ИЗМЕРЕНИЯ МАСС НАНОЧАСТИЦ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕРАГЕРЦОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ. Горячковская Т.Н., Куйбида Л.В., Пельтек С.Е., Попик В.М., Семёнов А.И., Тимофеева М.С., Щеглов М.А. | 64 |
| ВЛИЯНИЕ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ТЕРАГЕРЦОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ЖИЗНИ И РАЗВИТИЕ ПОТОМСТВА ДРОЗОФИЛ. В.И.Федоров, Н.Я.Вайсман, Н.А.Николаев, Е.Ф.Немова. | 65 |

| | |
|--|-----------|
| ОСОБЕННОСТИ ТЕРАГЕРЦОВОГО ПОГЛОЩЕНИЯ И КОМБИНАЦИОННОГО РАССЕЯНИЯ МИНЕРАЛОКОРТИКОИДНЫХ ГОРМОНОВ. В. А. Минаева, О. П. Черкасова, Б. Ф. Минаев, Г. В. Барышников, А. В. Хмара. | 65 |
| ПРИМЕНЕНИЕ ТЕРАГЕРЦОВОЙ СПЕКТРОСКОПИИ В МЕДИЦИНСКОЙ ДИАГНОСТИКЕ. О.П. Черкасова. | 66 |
| HOLOGRAPHIC IMAGING IN AN ATTENUATED TOTAL REFLECTION SYSTEM. Yu. Yu. Choporova, M. S. Mitkov, V. S. Cherkassky, B. A. Knyazev, M. S. Vlasenko. | 67 |
| ЭЛЛИПСОМЕТРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА НОВОСИБИРСКОМ ЛАЗЕРЕ НА СВОБОДНЫХ ЭЛЕКТРОНАХ. Азаров И.А., Ю.Ю. Чопорова, М.С. Митьков, Б.А. Князев, Швец В.А. | 68 |
| ИССЛЕДОВАНИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА РФА-СИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ «ВОДА-ОТХОДЫ» НА ПРИМЕРЕ ТРЕХ КОНТРАСТНЫХ ХВОСТОХРАНИЛИЩ ХОВУ-АКСИНСКОЕ – КОМСОМОЛЬСКОЕ – КАРАБАШСКОЕ. С.Б. Бортнникова, О.Л. Гаськова, О.П. Саева, Н.В. Юркевич. | 69 |
| ТРЕНДЫ СОДЕРЖАНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ЛИСТЬЯХ LONICERA CAERULEA (CAPRIFOLIACEAE) В СВЯЗИ С ИХ ВТОРИЧНЫМ МЕТАБОЛИЗМОМ В ПРИРОДНЫХ ПОПУЛЯЦИЯХ ГОРНОГО АЛТАЯ. И.Г. Боярских, О.В. Чанкина, А.И. Сысо, В.Г. Васильев. | 70 |
| ГЕОХИМИЧЕСКИЕ СИГНАЛЫ ПАВОДКОВЫХ СОБЫТИЙ, ВЫЗВАННЫХ ТАЙФУНАМИ, В ШЕЛЬФОВЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ, ПО ДАННЫМ СКАНИРУЮЩЕГО РФА-СИ ДОННЫХ ОСАДКОВ АМУРСКОГО ЗАЛИВА. Астахов А.С., Калугин И.А., Аксентов К.И., Дарьин А.В. | 71 |
| РЕКОНСТРУКЦИЯ ИЗМЕНЕНИЯ УРОВНЯ ОЗ.ШИРА В ПОЗДНЕМ ГОЛОЦЕНЕ НА ГОДОВОЙ ВРЕМЕННОЙ ШКАЛЕ. Дарьин А.В., Калугин И.А., Третьяков Г.А., Максимов М.А., Рогозин Д.Ю., Зыков В.В., Ракшун Я.В., Дарьин Ф.А., Сороколетов Д.А. | 73 |
| ИССЛЕДОВАНИЕ СЕЗОННОГО ГЕОХИМИЧЕСКОГО СИГНАЛА В ГОДОВЫХ СЛОЯХ ДОННЫХ ОСАДКОВ ОЗ.ДОНГУЗ-ОРУН МЕТОДОМ СКАНИРУЮЩЕГО РФА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИКРОКАПИЛЯРНОЙ РЕНТГЕНОВСКОЙ ОПТИКИ. Дарьин А.В., Калугин И.А., Максимова Н.В., Маркович Т.И., Александрин М.Ю., Соломина О.Н., Ракшун Я.В., Дарьин Ф.А., Сороколетов Д.А. | 75 |
| КОЛИЧЕСТВЕННАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ СРЕДНЕГОДОВЫХ ТЕМПЕРАТУР ПОСЛЕДНЕГО ТЫСЯЧЕЛЕТИЯ ПО ДАННЫМ ВЫСОКОРАЗРЕШАЮЩЕГО ЛИТОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКОГО РФА-СИ ИССЛЕДОВАНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ ЮЖНОГО БАЙКАЛА. Дарьин А.В., Дарьин Ф.А., Соломина О.Н., Калугин И.А. | 76 |
| МЕТОДИКИ АНАЛИТИЧЕСКОЙ МИКРОСТРАТИГРАФИИ ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИНХРОТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ЛИТНОЛОГИЧЕСКИХ И ПАЛЕОКЛИМАТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ. Дарьин А.В., Калугин И.А., Ракшун Я.В. | 78 |
| СИСТЕМА ЮСТИРОВКИ ПОЛИКАПИЛЛЯРНОЙ ОПТИКИ НА СТАНЦИИ «РФА СИ». Дарьин Ф.А., Ракшун Я.В., Сороколетов Д.С. | 80 |
| ХИМИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ КРОВИ КОРЕННЫХ ЖИТЕЛЕЙ ЧУКОТКИ И ИХ СВЯЗЬ С АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ. Л.А. Гырголькау, Э.Я.Журавская, Т.И. Савченко, О.В. Чанкина. | 81 |
| ХИМИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ СОСУДИСТОЙ СТЕНКИ. Э.Я. Журавская, Т.И. Савченко, О.В. Чанкина, Я.В. Полонская, А.М. Чернявский, Ю.И. Рагино. | 82 |
| ИССЛЕДОВАНИЕ АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ НАХОДОК ИЗ КУРГАНОВ ЗНАТИ НАРОДНОСТИ ХУННУ (НОИН-УЛА, МОНГОЛИЯ) МЕТОДАМИ РФА-СИ И МИКРО-РФА-СИ. В. В. Зверева, В. А. Трунова, Н. В. Полосьмак, Д. С. Сороколетов, Д. И. Кочубей, В. В. Кривенцов. | 83 |
| РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В КЕРНЕ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗЕРА «ФУМАРОЛЬНОЕ» (КАЛЬДЕРА УЗОН, КАМЧАТКА). Кириченко И. С. | 83 |
| ИССЛЕДОВАНИЕ ДОННЫХ И ОЗЕРНО-БОЛОТНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА МЕТОДОМ РФА СИ. Ю.Н. Маркова, Е.В. Кербер, Е.А.Анчугина, К.В. Золотарев. | 86 |
| ОСОБЕННОСТИ МИНЕРАЛЬНОГО И МИКРОЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ДОННЫХ ОСАДКОВ ОХОТСКОГО МОРЯ. Н.А. Пальчик, Т.Н. Мороз, Т.Н. Григорьева, А.Н. Деркачев, А.В. Дарьин, П.А. Солотчин, А.Н. Жданова. | 86 |

| | |
|--|------------------|
| СПОСОБЫ УЛУЧШЕНИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНОГО АНАЛИЗА. А.В. Сидорина, В.А. Трунова, К.В. Золотарёв, В.В. Кривенцов. | 88 |
| ПОЧВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ Г. НОВОСИБИРСКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА РФА СИ. Т.И. Сиромля, С.А. Худяев, А.И. Сысо. | 89 |
| ХИМИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ В СИСТЕМЕ ПОЧВА-ЛИСТЬЯ ПОДОРОЖНИКА БОЛЬШОГО НА ТЕРРИТОРИИ Г. НОВОСИБИРСКА. Т.И. Сиромля, М.А. Мяделец, О.В. Охлопкова, К.В. Качкин. | 90 |
| МИКРОЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ПЫЛЬЦЫ ОБЛЕПИХИ КРУШИНОВИДНОЙ (HIPPOCRATE RHAMNOIDES. L.). Скуридин Г.М., Чанкина О.В., Куценогий К.П., Багинская Н.В., Ракшун Я.В., Сороколетов Д. | 90 |
| РЕКОНСТРУКЦИЯ ДИНАМИКИ ЛЕДНИКА ПЕРЕТОЛЧИНА (Восточный Саян) В XX ВЕКЕ НА ПРИМЕРЕ ИЗУЧЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ ПРОГЛЯЦИАЛЬНОГО ОЗЕРА ЭХОЙ. О. Г. Степанова, В. А. Трунова, В. В. Зверева, А. В., Сидорина, А. П. Федотов. | 91 |
| ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ВИДОВ РОДА <i>PENTAPHYLLOIDES</i> (ROSACEAE) ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА РОССИИ. Е.П. Храмова, О.В. Чанкина, Е.В. Андышева, Я.В. Ракшун, Д.С. Сороколетов. | 92 |
| ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТАВА ОТХОДОВ ГОРНОРУДНОГО ПРОИЗВОДСТВА ПРИ ПОМОЩИ РФА-СИ И ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ. Юркевич Н.В., Бортникова С.Б., Карин Ю.Г., Саева О.П. | 93 |
| ЧЕТЫРЕХКАНАЛЬНЫЙ РЕНТГЕНОВСКИЙ МИКРОСКОП ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЛАЗЕРНОЙ ПЛАЗМЫ В ДИАПАЗОНЕ 1,5-9 КЭВ. Д.А.Вихляев, Д.С.Гаврилов, А.Г.Какшин, А.В.Потапов, К.В. Сафронов, П.А. Толстоухов. | 95 |
| ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ПЛАСТИН FUJI MS И SR. К.В. Сафронов, С.А. Горохов, В.А. Флегентов. | 95 |
| АБСОЛЮТНЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОТНОСТИ МОЩНОСТИ ИЗЛУЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ТЕРМОЧУВСТВИТЕЛЬНОГО ИНТЕРФЕРОМЕТРА ФИЗО. М. Г. Власенко, Б. А. Князев, А. А. Никитин, В. С. Черкасский. | 96 |
| ИЗМЕРЕНИЕ НЕПРЕРЫВНОГО И ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКОГО РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА СУБПИКОСЕКУНДНОЙ ЛАЗЕРНОЙ УСТАНОВКЕ. Д.А.Вихляев, Д.С.Гаврилов, А.Г.Какшин, Е.А.Лобода, А.В.Потапов, К.В. Сафронов, П.А.Толстоухов. | 96 |
| СТАТУС ВАКУУМНОЙ СИСТЕМЫ БУСТЕРА NSLS-II. А.М.Семенов, В.В.Анашин, С.М. Гуров, А.А.Краснов, Н.-С. Hseuh, T. Shaftan. | 97 |
| АКТИВИРОВАННЫЙ АЛЮМИНИЙ ДЛЯ ВОДОРОДНЫХ КАРТРИДЖЕЙ. МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ, МЕХАНИЗМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С ВОДОЙ. А.И. Низовский, А.А. Велигжанин, Я.В. Зубавичус, А.А. Новиков, А.В. Калинин, А.Н. Шмаков, В.Н. Кручинин, Н.И. Петрова, М.В. Тренихин, В.Ю. Мурзин, А.А. Чернышов, А.С. Хлебников, Р.А. Сенин, В.И. Бухтияров | 97 |
| ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ АКТИВНОГО КОМПОНЕНТА КАТАЛИЗАТОРОВ РОСТА МНОГОСЛОЙНЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК МЕТОДОМ IN SITU РЕНТГЕНОФАЗОВОГО АНАЛИЗА НА СИНХРОТРОННОМ ИЗЛУЧЕНИИ. Д.В. Красников, А.Н. Шмаков, В.Л. Кузнецов, А.В. Ищенко, Андреев А.С., Лапина О.Б., Просвирина И.П., Калинин А.В. | 100 |
| ТЕЗИСЫ, ПОСТУПИВШИЕ ПОСЛЕ ОКОНЧАНИЯ СРОКА ПРИЕМА | 102 - 128 |

ПРОЕКТ ПОВЫШЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ СИ ДЛЯ ДИФРАКЦИОННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПРИ ВЫСОКОМ ДАВЛЕНИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕНТГЕНОВСКИХ ПРЕЛОМЛЯЮЩИХ ЛИНЗ.

У.В. Анчарова¹, В.П. Назьмов².

¹ Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН, Новосибирск.

² Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН, Новосибирск.

Проблема повышения потока рентгеновского синхротронного излучения для экспериментов на высоком давлении стоит давно [1, 2]. Главным образом она связана с малыми размерами образца в ячейке алмазных наковален и относительно слабым спектральным потоком на выбранной длине волны (0.3685Å). При текущей конфигурации экспериментальных станций в бункере СИ ВЭПП-3 имеются ограничения в выборе рентгенооптической схемы для повышения интенсивности излучения, попадающего на образец. Предложенные ранее схемы повышения потока рентгеновского излучения имеют свои недостатки, связанные с техническими трудностями в их реализации. Сегментированный Лауэ-монокроматор, предложенный в [1], требует недостижимо высокой точности исполнения, чтобы собрать монохроматизированные лучи в фокусное пятно на расстоянии ~10м от монокроматора, что делает сомнительным выигрыш в потоке. Создание надстройки в виде параллельной экспериментальной станции этажом выше на более мягкую энергию, описанной в [2], сопряжено со слишком значительными разрушениями перекрытий бункера и при этом не достаточно сильно повышает поток (×6), чтобы такая модернизация стала целесообразной.

Использование любой схемы на отражение уменьшит поток в ~10 раз, поскольку в текущей схеме по Лауэ работает автофокусировка пучка по вертикали. Вариант с изогнутым кристаллом по Лауэ, срезанным перпендикулярно рабочим плоскостям Si(111) не дает фокусировки в горизонтальной плоскости, а срезанный по косым плоскостям Si(110) требует слишком большого радиуса изгиба [3] и так же технически сложно реализуем. Рентгеновские зеркала для указанной выше длины волны будут иметь слишком большие размеры, не принимая в внимание тот факт, что в текущей конфигурации экспериментальных станций их будет проблематично установить. Поэтому наиболее эффективным способом повышения потока рентгеновского излучения на образце представляется использование преломляющей рентгеновской оптики.

В данной работе с целью повышения потока рентгеновского излучения на образец предлагается использовать компактные рентгеновские преломляющие линзы [4] с апертурой до 55 мм для горизонтальной фокусировки рентгеновского излучения. Предлагается дизайн такой линзы с учетом минимального ухудшения углового разрешения дифрактометра и оптимизации ее апертуры. Линзу предполагается разместить в вакуумной камере монокроматора, положение которого оптимально в смысле увеличения как интегрального потока, так и плотности потока излучения на образец.

Работа выполнена при использовании оборудования ЦКП СЦСТИ (финансовую поддержку которого осуществляет Минобрнауки России). Работа выполняется в рамках проектов РНФ и ФЦП ИР.

Литература

1. У.В. Анчарова, А.И. Анчаров, И.Л. Жогин, Б.П. Толочко, Н.Г. Гаврилов // Поверхность Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. 2002, №9, С.26.
2. У.В. Анчарова, А.И. Анчаров, К.Э. Купер, М.А. Шеромов // Материалы XVI конференции по использованию синхротронного излучения (СИ-2006), С.147.
3. Z. Zhong, K.Kao, P.D. Siddons, J.B. Hastings // Journal of Applied Crystallography. 2001, 34, P.504.

4. V.Nazmov, J.Mohr, R.Simon // J.Michromech.Microeng. 2013, 23, P.095015.

Анчарова Ульяна Валерьевна,
630128, Новосибирск, ул. Кутателадзе, 18;
E-mail: ancharova@gmail.com, Тел.: (383) 329-41-45.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ РЕНТГЕНОШАБЛОНОВ ПРИ ПОМОЩИ КОНТАКТНОЙ ФОТОЛИТОГРАФИИ.

А.Н. Генцелев, Б.Г. Гольденберг, В.И. Кондратьев, А.Г. Лемзяков.

Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН, Новосибирск.

Одним из ключевых технологических моментов изготовления рентгеношаблонов (включая ЛИГА-шаблоны) является формирование резистивной маски, используемой для создания на поверхности несущей мембраны (или пластинки) маскирующего топологического рентгенопоглощающего рисунка, получаемого, как правило, путем гальванического осаждения тяжелого (типа Re, Au и т.п.) металла через резистивную маску. Требуемая величина контрастности рентгеношаблона в рабочем спектральном диапазоне определяет толщину маскирующего слоя, которая в свою очередь задает толщину резистивной маски.

Реализация литографического способа, позволяющего с микронным разрешением формировать высокоаспектные резистивные маски при изготовлении рентгеношаблонов является достаточно сложной технологической задачей, имея в виду, что глубокая рентгенолитография по резистивным слоям толщиной ~ 1 мкм производится с использованием сравнительно «жесткого» СИ (в спектральном диапазоне длин волн $\lambda \approx 0,5 \div 2 \text{ \AA}$) с применением высококонтрастных шаблонов с маскирующим слоем толщиной ≥ 20 мкм.

В представленной работе описаны схема и состав сравнительно простой компактной настольной (не требующей ни водяного, ни воздушного охлаждения) установки контактной фотолитографии, источником актиничного излучения которой является светодиод марки **H44TV1C0-LFVY** (длина волны излучения – $365 \div 370$ нм, мощность излучаемого потока $W \approx 0,5$ Вт обеспечивает в области рабочей зоны диаметром ~ 90 мм требуемый уровень экспозиционной дозы в течение ~ 7 мин).

Приведены схемы и фотографии установки, её сравнительный анализ с другими аналогичными установками (с качественно иными источниками излучения), а так же описание основных особенностей реализуемой контактной фотолитографии по слоям резистов различной толщины (от 5 до 30 мкм), с иллюстрацией СЭМ-фотографиями образцов резистивных масок, полученных как с использованием иммерсионных жидкостей, так и без них.

Александр Николаевич Генцелев,
630090, Новосибирск, проспект ак. Лаврентьева, 11
E-mail: ang1209@mail.ru; Тел.: (383) 329-41-38

ТИТАНОВЫЕ РЕНТГЕНОШАБЛОНЫ.

А.Н. Генцелев¹⁾, А.Г. Зелинский²⁾, В.И. Кондратьев¹⁾, А.Г. Лемзяков¹⁾.

¹⁾ *Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН, Новосибирск.*

²⁾ *Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН, Новосибирск.*

Реализация теневой сканирующей рентгенолитографии в спектральном диапазоне $2,5 \div 7 \text{ \AA}$ предполагает наличие рентгеношаблона с рентгенопрозрачной несущей мембраной, на поверхности которой сформирован из металла с большим атомным весом маскирующий слой (топологический рентгенопоглощающий рисунок) соответствующей толщины, обеспечивающей требуемый уровень контрастности шаблона. Известно, что титановые мембраны толщиной $\sim 3 \text{ мкм}$ достаточно рентгенопрозрачны (в указанном спектре), прочны и рентгеностойки, титан также характеризуется сильной химической инертностью, что значительно упрощает проведение селективных химических обработок при изготовлении рентгеношаблона.

В представленной работе описана сравнительно простая технология производства рентгеношаблонов, содержащих титановые несущие мембраны толщиной $\sim 3 \text{ мкм}$ с золотым гальванически осаждённым маскирующим покрытием. Его толщина обусловлена толщиной формируемой для этой цели резистивной маски, которая может быть создана как при помощи электронно-лучевой литографии (топологии с субмикронными размерами элементов в резисте толщиной до 2 мкм), так и фотолитографии (микронные топологии в резисте толщиной до 5 мкм). Такой подход позволяет формировать шаблоны с золотым маскирующим покрытием толщиной $\geq 1,8 \text{ мкм}$ с контрастностью ≥ 85 (рассчитана для рабочего спектра установки рентгенолитографии на ВЭПП-4М при $E=2 \text{ ГэВ}$).

Данные шаблоны позволяют формировать в рентгеночувствительных материалах посредством рентгенолитографии микрорельеф высотой до 100 мкм и могут применяться для изготовления ЛИГА-шаблонов, микропресс-форм и т.п.

Приведены фотографии первых образцов таких шаблонов, расчетные графики и таблицы, иллюстрирующие их основные рентгенолитографические параметры.

Александр Николаевич Генцелев,
630090, Новосибирск, проспект ак. Лаврентьева, 11
E-mail: ang1209@mail.ru; Тел.: (383) 329-41-38

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ СТАНЦИЯ «ДЕТОНАЦИЯ» НА ПУЧКЕ СИ ИЗ 7-МИ ПОЛЮСНОЙ ЗМЕЙКИ ВЭПП-4.

Б.П. Толочко¹⁾, А.В. Косов²⁾, К.А. Ген³⁾, Э.Р. Прууэл³⁾, В.М. Аульченко²⁾, Л.И. Шехтман²⁾,
О.В. Евдоков¹⁾, И.Л. Жогин¹⁾, М.Р. Шарафутдинов¹⁾, В.П. Назьмов²⁾, К.В. Золотарев²⁾,
Н.А. Мезенцев²⁾, М.А. Шеромов²⁾, В.Е. Панченко²⁾.

¹⁾ *Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН, Новосибирск.*

²⁾ *Институт ядерной физики им. Будкера СО РАН, Новосибирск.*

³⁾ *Институт гидродинамики им. Лаврентьева СО РАН, Новосибирск.*

Станция «Детонация» на 8-м канале СИ накопительного кольца ВЭПП-4, где используется излучение 7-ми полюсного вигглера (пять основных полюсов с полем 1.4 Т и два боковых, с половинным полем), нацелена на изучение быстропротекающих процессов, проходящих в детонационной волне, на фронте ударной волны, и тому подобное. Новая станция имеет значительно более высокие, по сравнению со станцией на ВЭПП-3, значе-

ния основных параметров эксперимента, таких как интенсивность и жесткость спектра СИ, объем взрывной камеры и допустимый вес взрывааемых образцов. Это позволяет значительно понизить влияние мешающих факторов, характерных для взрывчатых образцов небольшого размера и связанных с влиянием близкой поверхности, кривизной фронта, и так далее. Основным детектором на новой станции является однокоординатный детектор DIMEX-3, использование которого на станции «Взрыв» накопителя ВЭПП-3 показало большие возможности методов, связанных с применением синхротронного излучения для изучения быстропротекающих процессов.

КОНЦЕПЦИЯ МАГНИТООПТИЧЕСКОГО МОДУЛЯТОРА РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ТЕРАГЕРЦОВЫХ ЧАСТОТАХ.

В.Н.Заблуда, Б.А.Князев, Г.Н.Кулипанов, А.Э.Соколов, С.Г.Овчинников, В.И.Тугаринов.

В качестве устройства, позволяющего осуществлять модуляцию рентгеновского излучения, предлагается использовать многослойное рентгеновское зеркало, в котором каждый второй слой выполнен из магнитоупорядоченного материала (например FeVO₃ или Y₃Fe₅O₁₂). При наложении магнитного поля на такое зеркало магнитным моментом вещества будет следовать за направлением внешнего поля. При этом, вследствие эффекта Зеемана, возникает изменение как величины поглощения поляризованной по кругу электромагнитной волны (магнитный круговой дихроизм — МКД), так и показатель преломления — эффект Фарадея (круговое двупреломление). Вблизи разрешенных переходов такая разница может достигать величины порядка 0.2-0.5 от исходной величины как для поглощения, так и для преломления. Но изменение показателя преломления означает изменение условия Брэгга для отраженной волны. В случае падения монохроматической волны это приведет к изменению коэффициента отражения (амплитудная модуляция). Если падающая волна немонохроматична, то отражаться станет волна, длина волны которой удовлетворяет условию Брэгга (частотная модуляция). Использование магнитного линейного дихроизма позволяет осуществлять также фазовую модуляцию. Переход к терагерцовым частотам модуляции может быть осуществлен при использовании материалов с антиферромагнитным резонансом (АФМ), частоты которого могут достигать нескольких терагерц.

РЕЗУЛЬТАТЫ АППАРАТУРНОГО ОСНАЩЕНИЯ НА СИНХРОТРОННОМ ИЗЛУЧЕНИИ В ЗАДАЧАХ СТРУКТУРНОЙ БИОЛОГИИ ТКАНЕЙ.

Корнеев В.Н.¹, Шлектарев В.А.², Забелин А.В.³, Ланина Н.Ф.², Аульченко В.М.⁴,
Толочко Б.П.⁵, Вазина А.А.²

¹ *Институт биофизики клетки РАН, Пущино, Россия.*

² *Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН, Пущино, Россия.*

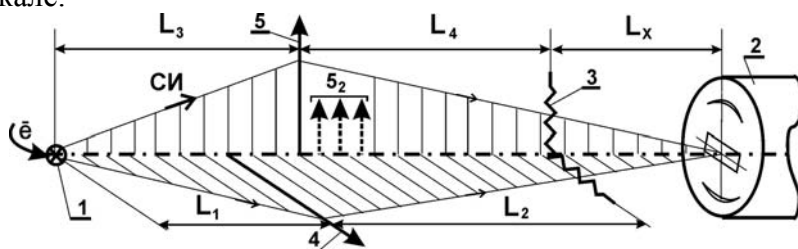
³ *НИЦ «Курчатовский институт», Москва, Россия.*

⁴ *Институт ядерной физики им. Г.И.Будкера СО РАН, Новосибирск, Россия.*

⁵ *Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН, Новосибирск, Россия.*

Рассматриваются два аспекта использования синхротронного излучения (СИ) из накопительных колец Сибирь-2 и ВЭПП-3 в Московском и Сибирском центрах коллективного пользования для решения задач структурной биологии тканей: во-первых, разработка и оптимизация инструментального обеспечения при создании рентгенографических станций на рабочих каналах источников СИ и, во-вторых, развитие методов рентгенов-

ской дифракции под большими (WAXS) и малыми (SAXS) углами для исследования механизмов функционирования биологических полимеров в молекулярной и наномасштабной шкале.



На рисунке изображена обобщенная схема станций. Рентгенооптические элементы представлены главными плоскостями и показан ход лучей через систему в меридиональном и сагитальном сечениях для проектирования источника излучения (1) в плоскость его изображения на входе системы регистрации – детектора (2). Дифракционные потоки от образца 3 при разных условиях эксперимента регистрируются в широком угловом диапазоне за счет изменения расстояний образец-детектор. Для выполнения условий сопряженных точек осуществлено переменное плавное масштабирование изображения источника излучения (1). Увеличение интенсивности и уменьшение размеров пучка обеспечивается двумя рентгенооптическими трансфокаторами: монохроматическим (4) и зеркальным (5).

Станции оснащались разными системами регистрации: быстродействующими однокоординатными детекторами; запоминающими экранами Image Plate с соответствующим анализатором; двухкоординатными детекторами с охлаждаемыми CCD-матрицами и флуоресцирующими экранами.

Представлены некоторые результаты: при решении задач биологической подвижности на примере исследования мышечного сокращения с временным разрешением; в структурных исследованиях эпителиальных тканей в норме и патологии; при изучении природных и инженерных конструкций шелка, а также влияния высокочастотной электрохирургической сварки на биологические ткани.

Корнеев Владимир Николаевич,
142290 г. Пушкино Московской обл. ул. Институтская, 3;
E-mail: korneev@icb.psn.ru, Тел.: (4967) 739422.

MASS DEFECT IN SU-8 POLYMER EXPOSED TO X-RAYS

V. Nazmov¹, A. Völker², T. Fischböck², J. Rothe³, E. Huttel².

¹ Budker Institute of Nuclear Physics SB RAS, Novosibirsk, Russia;

² Institute for Synchrotron Radiation, Karlsruhe Institute of Technology, Karlsruhe, Germany;

³ Institute for Nuclear Waste Disposal, Karlsruhe Institute of Technology, Karlsruhe, Germany.

SU-8 photoresist, based on cured diglycidyl ether of bisphenol-A (DGEBA), has been widely used for basic research and industrial production. Its cross linked structure, exhibiting a three-dimensional molecular network allows SU-8 application as a thermosetting resin with favourable material properties, such as low shrinkage, high strength, good chemical resistance, and good electrical insulation [1,2]. Due to its excellent stability under ionizing radiation [3], in particular X-rays, SU-8 photoresist has been applied to manufacturing of X-ray masks [4], X-ray lenses [5], and X-ray Talbot interferometers [6]. Nevertheless, when SU-8 - products exposing to X-rays, volatile fragments leave the polymer and thus cause slow degradation of the material. This degradation results in geometrical distortions of patterned microstructures and changes in their physical properties.

Mass spectrometry is often used for identification of volatile degradation products for provision of molecular information about epoxy resins. In earlier studies, the main characteristics and products of photo-degradation of epoxy resin, namely bisphenol-A diglycidyl ether, were studied in vacuum. It was found that exposure to UV light with a wavelength of 254 nm leads to an extremely inhomogeneous dose deposition into the depth of a specimen, which results in different degradation states of the resin molecules.

In contrast to UV photons, X-rays interact with the inner shells of atoms and initiate a broad spectrum of photo-chemical reactions. In the present study, the degradation conditions of SU-8 during employment of abovementioned X-ray optics have been reproduced, namely air atmosphere, high X-ray power and high X-ray absorbed dose in the polymer.

We have studied main volatile products forming during in-air degradation of SU-8 polymer under influence of synchrotron radiation in the wavelength range of 2.5-0.25 Å. The material degradation products were identified, such as hydrogen molecules, acrolein, acetone, allyl alcohol, benzene, and methyl formate, as well as atmospheric products. Some short-lived fragments formed in the gas phase were observed, e.g. dibenzene. But, water molecules give the main mass loss of the polymer. Additionally, post-exposure appearance of fragments was revealed.

References

1. Bruins PF, editor. Epoxy resin technology, New York: Interscience, 1968.
2. Potter WG Epoxide resins. Bristol: J.W. Arrowsmith Ltd.; 1970.
3. Morita Y, Udagawa A. Ultra-high radiation-resistant polymer materials. Polymer Materials under Severe Radiation Environment, (in Japanese) Genshiryoku eye, 1998;44 (5): 40-45.
4. Cabrini S, Perennes F, Marmioli B, Olivo A, Carpentiero A, Kumar R, Candeloro P, Fabrizio E D. Low cost transparent SU-8 membrane mask for deep X-ray lithography. Microsystem Technologies 2005;11(4-5):370-373.
5. Nazmov V, Reznikova E, Mohr J, Saile V, Vincze L, Vekemans B, Bohic S, Somogyi A. Parabolic crossed planar polymeric x-ray lenses, J. Micromech Microeng 2011;21(1):015020-015030.
6. Weitkamp T, Zanette I, Schulz G, Bech M, Rutishauser S, Lang S, Donath T, Tapfer A, Deyhle H, Bernard P, Valade J-P, Reznikova E, Kenntner J, Mohr J, Müller B, Pfeiffer F, David C, Baruchel J. X-ray grating interferometry at ESRF: applications and recent technical developments. AIP Conf Proc 2011;1365:28-31.

Vladimir Petrovich Nazmov,
Prospect Lavrentiev, 11, Novosibirsk, Russia, 630090
E-mail: vovochkaprim@mail.ru, tel.: (383) 329-41-05.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ 2D СТАБИЛИЗАЦИИ ПУЧКОВ СИ НАКОПИТЕЛЯ ВЭПП-3.

А.Н. Алешаев¹, С.И. Мишнеv¹, С.М. Пищенко¹, А.Ф. Ровенских¹, А.Н. Селиванов¹, П.А. Селиванов¹, М.Г. Федотов^{1,2}.

¹ *Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН, Новосибирск.*

² *Новосибирский государственный университет.*

Точность, обеспечиваемая эксплуатирующейся сейчас системой стабилизации [1] пучков синхротронного излучения (СИ) накопителя ВЭПП-3, достаточна для большинства экспериментальных станций. Однако дальнейшая эксплуатация системы в неизменном виде оказывается затруднительной из-за ряда проблем.

Во-первых, система стабилизации разработан более 15 лет назад, ее электронные блоки сильно устарели и в ряде случаев не имеют горячего резерва.

Во-вторых, система обеспечивает стабилизацию пучков СИ по углу и координате только в вертикальной плоскости. Практика же показала, что в некоторых экспериментах необходима полная двумерная стабилизация пучка.

Для решения данных задач в систему установлено устройство регистрации изображений на основе цифровой телекамеры с Ethernet-интерфейсом [2]. Камера сопряжена с дополнительным (контрольным) оптическим окном вакуумного объема системы и передает в ЭВМ двумерные изображения пучков вигглера и поворотного магнита (не нарушая при этом функционирование действующей системы).

Как и в действующей системе, стабилизация в вертикальной плоскости должна обеспечиваться измерением (и поддержанием за счет корректоров накопителя стабильного положения) центров тяжести вертикальных распределений интенсивности в обоих регистрируемых пучках [1].

Для стабилизации положения пучка вигглера в горизонтальной плоскости предполагается использовать положения краев пучков (вигглера и поворотного магнита), заданных формирователем, расположенным на входе каналов СИ.

Проведенные на пучках измерения и выполненные расчеты показали, что в вертикальной плоскости новая система способна обеспечить необходимую точность (rms шума менее 1мкм для одиночного измерения при невозмущенном пучке).

Шум определения положения краев пучков (как центров тяжести производной) содержит несколько компонент и может варьировать от 1 до примерно 300 мкм.

Также была продемонстрирована возможность регистрации изображений пучков при малых (~ 1 мс) временах экспозиции, что позволяет в стробоскопическом режиме отслеживать возмущения пучка на гармониках силовой сети.

Кроме того, разработана подключаемая к цифровой камере 12-канальная система сбора данных. Эта система обеспечит измерение температуры как элементов системы стабилизации, так и наиболее критичных экспериментальных станций.

Литература.

1. Aleshaev S.A. at al. // Nuclear instruments and methods in physics research, 2001, V. 470, p.p.94-100.
2. M.G. Fedotov at al. // Proceedings of RuPAC 2006 International Conference, <http://accelconf.web.cern.ch/accelconf/r06/PAPERS/MODP03.PDF>

Федотов Михаил Геннадьевич,
630090, Новосибирск, проспект ак. Лаврентьева, 11;
E-mail: mihailru@mail.ru, Тел.: (383) 329-45-43.

РАЗРАБОТКА БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩЕГО ТВЕРДОТЕЛЬНОГО ДЕТЕКТОРА ДЛЯ ВЫСОКОТОЧНОЙ РЕНТГЕНОГРАФИИ БЫСТРОПРОТЕКАЮЩИХ ПРОЦЕССОВ.

Л.И.Шехтман, В.М.Аульченко, В.В.Жуланов, Э.Р.Прууэл, Б.П.Толочко, К.А.Тен.

Методики исследования быстропротекающих процессов *in situ* на пучке синхротронного излучения (СИ) развиваются в Институте ядерной физики СО РАН более 10 лет. Одной из наиболее востребованных методик является получение проекционного изображения эволюции взрывающегося образца во времени. Существующий детектор DIMEX, который в настоящее время применяется для таких экспериментов, основан на газовой технологии и обладает рядом существенных ограничений. В частности, динамический

диапазон регистрируемого сигнала не превышает 100 и точность измерения сигнала не может быть лучше 1%; временное разрешение не может быть сделано лучше 100 нс, а пространственное разрешение лучше 200 мкм (ширина на полувысоте аппаратной функции). Для существенного улучшения характеристик и дальнейшего развития метода прямой рентгенографии взрыва на пучке СИ разрабатывается детектор, основанный на кремниевой микрополосковой технологии. Такой детектор позволит увеличить динамический диапазон до величины более 1000, улучшить точность измерения сигналов до 0.1%, улучшить временное разрешение до величин менее 10 нс, а пространственное разрешение до ~50 мкм (ширина на полувысоте аппаратной функции). В докладе будут представлены первые результаты испытаний прототипов кремниевых микрополосковых сенсоров для нового детектора.

СВЕРХБЫСТРАЯ ОДНОИМПУЛЬСНАЯ TIME-DOMAIN СПЕКТРОСКОПИЯ КАК МЕТОД ДИАГНОСТИКИ МОДУЛЯЦИОННОЙ НЕУСТОЙЧИВОСТИ В ЛАЗЕРЕ НА СВОБОДНЫХ ЭЛЕКТРОНАХ.

Кубарев В.В.

Метод сверхбыстрой одноимпульсной time-domain спектроскопии применен к диагностике модуляционной неустойчивости Новосибирского терагерцового лазера на свободных электронах. Продемонстрированы уникальные возможности метода в спектрально-временном анализе неповторяющихся процессов.

МОДА HE11 В ВОЛНОВОДНОМ ТГЦ ЛСЭ.

Мигинский С.В.

Новый лазер на свободных электронах (ЛСЭ) терагерцового диапазона разрабатывается в настоящее время в Корейском институте атомной энергии (KAERI) в рамках проекта Институт мирового класса (WCI). Это весьма компактная машина, причем источником пучка является микротрон. Собственно ЛСЭ представляет собой цилиндрический волноводный резонатор, помещенный в спиральный ондулятор. Такая схема позволяет получить значительный коэффициент усиления при умеренном токе пучка, но затухание волны в волноводе при этом слишком велико. Для уменьшения затухания предложено покрыть внутреннюю поверхность волновода диэлектрической пленкой, так что вместо волны TE₁₁ будет использоваться гибридная волна HE₁₁. В работе проведен численный анализ свойств такого волновода, рассмотрены различные вещества для покрытия стенок и сделаны выводы о целесообразности подобного подхода.

THE MEASUREMENT AND MONITORING OF SPECTRUM AND WAVELENGTH OF COHERENT RADIATION AT NOVOSIBIRSK FREE ELECTRON LASER.

S.S.Serednyakov, V.V.Kubarev.

The architecture and capabilities of free electron laser radiation spectrum measurement system described in details in this paper. For execution of the measurements the monochromator and step-motor with radiation power sensor are used. As the result of the measurements, the curve of spectrum of radiation is transmitted to control computer. As this subsystem is fully integrated to common FEL control system, the results of measurements – spectrum graph, average wavelength, calculated radiation power, are able to transmit to any another computer on FEL control local area network and also on user stations computers.

СИСТЕМА ЛОКАЛИЗАЦИИ ПОТЕРЬ ПУЧКА В ВАКУУМНОЙ КАМЕРЕ МИКРОТРОНА ЛСЭ НА БАЗЕ РАДИАЦИОННОГО ДАТЧИКА.

Т. В. Саликова, Н. А. Винокуров, О. И. Дейчули, А. В. Репков, О. А. Шевченко, М. А. Щеглов.

На установке Лазер на Свободных Электронах (ЛСЭ) для мониторинга радиации используются два класса газонаполненных датчиков. Высокочувствительные датчики установлены в контрольных точках для обеспечения радиационной безопасности персонала. А в ускорительном зале установлены датчики, регистрирующие высокие дозы. Эти же датчики используются и для мониторинга уровня радиации в ускорительном зале, и для контроля за потерями пучка в вакуумной камере. Основные преимущества радиационного датчика - минимальное время реакции и высокая чувствительность к минимальным потерям тока пучка. Если использовать датчик для сканирования выбранных участков вакуумной камеры, тогда можно быстро отслеживать потери и корректировать орбиту пучка. Разработаны система которая позволяет выполнять эти операции. В свинцовый блок, ослабляющий уровень радиации в тысячу раз, помещен датчик и видеокамера. В стене блока прорезан измерительный канал, через который излучение прямо проходит на датчик, а изображение через зеркало под углом 45 градусов на видеокамеру. На блоке установлен фонарик – целеуказатель, который позволяет навести канал измерения на выбранный участок вакуумной камеры. Блок установлен на платформе, которая позволяет менять угол обзора по вертикали и горизонтали на 20 градусов. Нет жестких требований на динамический диапазон радиационного датчика и точность измерения дозы. Цель - регистрировать временную зависимость изменения уровня радиации в локальной точки, и проводится коррекция орбиты и отслеживается уровень радиации в выбранном участке вакуумной камеры.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЖЕСТКОГО РЕНГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ДИФРАКЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ.

Анчаров А.И.^{1,2}

¹ *Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН, Новосибирск*

² *Новосибирский государственный университет*

При уменьшении длины волны используемого рентгеновского излучения, происходит уменьшение углов дифракции, и все дифракционные максимумы смещаются в область малых углов. Как известно, дифрагированное от образца излучение распространяется в виде дифракционных конусов. При этом, традиционные дифрактометры регистрируют только малую часть дифрагированного излучения в телесном угле определяющем угловое

разрешение дифрактометра. Для получения полного набора дифракционных данных требуется сканирование по необходимому диапазону углов дифракции. Плоским двухкоординатным детектором регистрируется всё излучение рассеянное образцом. Использование двухкоординатного детектора дает возможность получать информацию не только о положении и интенсивности дифракционных колец, но и о распределении интенсивности по кольцу. При неподвижном образце, по виду дифракционных колец можно судить о размере кристаллитов и текстуре. При вращении образца рефлексы от мелких кристаллитов сливаются в кольца, а если в образце присутствуют кристаллиты с размерами соизмеримые с размером пучка используемого излучения или большими, то последовательно проходя через отражающие положения дифракционные плоскости дадут набор высокоинтенсивных дифракционных рефлексов образующих симметричную картину, то есть будет зарегистрирована дифрактограмма вращения монокристалла.

Повышенная проникающая способность жесткого рентгеновского излучения позволяет проводить исследования в ходе различных физико-химических процессов при высоких и низких температурах и/или высоких давлениях. Особенно это касается исследований при высоких давлениях, в ходе которых излучению необходимо пройти слой алмазов в аппаратах высокого давления и у которых малая угловая апертура для выхода дифрагированного излучения. Использование коротковолнового излучения исследовать структуру образца в объеме образца, а не только поверхностные слои, как происходит в случае с длиноволновым излучением, снижаются требования к форме и морфологии образца. Появляется возможность проводить неразрушающие исследования структуры уникальных объектов (геологических, археологических), а также исследовать структуру и деформацию деталей машин в процессе работы, например лопатки турбин.

Как известно, при повышении энергии рентгеновских соотношение интенсивности между диффузным и Брегговским рассеянием увеличивается. Диффузное рассеяние от монокристаллов зависит от тепловых колебаний атомов, структуры распределения вакансий, а также от упорядоченности структуры на микроуровне и морфологии кристаллитов в образце (слоистые и угольчатые кристаллиты). Диффузное рассеяние жесткого рентгеновского диапазона позволяет получать структурную информацию от неупорядоченных систем в широком диапазоне волновых векторов. Фурье преобразование проведенное из полученных структурных данных отличается отсутствием ложных максимумов и смещением пиков на функции радиального распределения атомов.

Во время будут приведены примеры использования жесткого рентгеновского излучения полученные в СЦСТИ и в ведущих мировых центрах.

Анчаров Алексей Игоревич,
630128, Новосибирск, ул.Кутателадзе, 18;
E-mail: ancharov@mail.ru, Тел.: (383) 329-41-45.

СПОСОБЫ АДАПТАЦИИ ВЫСОКОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ КИСЛОРОДНЫХ ВАКАНСИЙ В ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ФАЗЕ НЕСТЕХИОМЕТРИЧЕСКИХ ФЕРРИТОВ СТРОНЦИЯ.

У.В. Анчарова

Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН, Новосибирск

С помощью методов рассеяния рентгеновского синхротронного излучения для нестехиометрических дефицитных по кислороду оксидов $ABO_{3-\delta}$ на основе ферритов стронция при нагревании на воздухе обнаружено, что наноструктурированный $SrCo_{0.8}Fe_{0.2}O_{2.64}$ [1] остается наногетерогенным при нагревании на воздухе до температуры 1000°C, однако при температуре ~700°C, претерпевает доменную перестройку в связи с фазовым переходом

дом "порядок-беспорядок" основной компоненты низкотемпературной нанодоменной системы (фазы браунмиллерита), что сопровождается исчезновением сверхструктурных рефлексов. Возрастание концентрации примесной нано-фазы BO при восстановлении этого состава свидетельствует о том, что он во всем диапазоне температур содержит дефекты по типу неупорядоченных структур срастания перовскитоподобных пакетов ABO_3 или $ABO_{2.5}$ с блоками AO . Такие структуры были наблюдаемы экспериментально для феррита стронция $SrFeO_{3-\delta}$ методами HRTEM в работе [2]. Моделирование таких разупорядоченных структур показало, что при малой вероятности (до 5%) появления атома стронция в слоях AO , наличие таких слоев в структуре слабо влияет на дифрактограммы полученных структур. Такие неупорядоченные структуры срастания близки по типу структуры с упорядоченными фазами Раддлсдена-Поппера, являющимися истинно нестехиометрическими фазами [3] и имеющими высокую кислородную подвижность. По всей видимости, эти структурные особенности нужно рассматривать как одну из причин высокой кислородной проводимости [4] состава $SrCo_{0.8}Fe_{0.2}O_{2.64}$ по сравнению с другими ферритами стронция. Структура ферритов стронция, имеющих дефекты срастания более гибка с точки зрения размещения блоков AO в матрице пакетов перовскита и подвижность анионов в таких структурах выше по сравнению с вакансионно-упорядоченными фазами [5, 6]. Важно отметить, что такие фазы устойчивы до более высоких температур, чем вакансионно-упорядоченные перовскитоподобные фазы типа $ABO_{3-\delta}$, то есть продолжают присутствовать в системе при температурах рабочего диапазона каталитических реакторов.

Работа выполнена при использовании оборудования ЦКП СЦСТИ (финансовую поддержку которого осуществляет Минобрнауки России). Работа выполняется в рамках проектов РНФ и ФЦП ИР.

Литература

1. U.V. Ancharova & S.V. Cherepanova // Powder Diffraction Journal. 2013, V.28, S2, S51.
2. C. Solís et al. // Solid State Ionics. - 2008. - 179. - P.1996.
3. F. Prado et al. // Solid State Ionics - 2007. - 178. - P.77.
4. H.J.M. Bouwmeester & A.J. Burgraaf // Fundamentals of Inorganic Membrane Science and Technology / Eds. A.J.Burgraaf and L.Cot. - Amsterdam: Elsevier, 1996. - P. 435.
5. M.V. Patrakeev et al. // Solid State Sciences. - 2004. - 6. P.907-913.
6. A. Manthiram et al. // Solid State Ionics - 2002. - 152-153. - P.647-655.

Анчарова Ульяна Валерьевна,
630128, Новосибирск, ул. Кутателадзе, 18;
E-mail: ancharova@gmail.com, Тел.: (383) 329-41-45.

СТРУКТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НАНО-СИСТЕМ ПОСТРОЕНИЕМ ФУНКЦИЙ РАДИАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ АТОМОВ ИЗ ДИФРАКЦИОННЫХ ПРОФИЛЕЙ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ПРОСВЕЧИВАЮЩЕЙ ДИФРАКТОМЕТРИИ.

У.В. Анчарова¹, В.П. Пахарукова².

¹ *Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН, Новосибирск.*

² *Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, Новосибирск.*

В настоящее время создание высокоэффективных функциональных материалов требует перехода в нано-размерную область их структурных элементов [1].

Прямые дифракционные структурные методы исследования наноматериалов затруднены [2, 3], поскольку в случаях, когда мы имеем дело с высокодисперсными и низкоупорядоченными системами, во-первых, дифракционные пики уширяются и перекрываются

вплоть до слияния с фоном, а во-вторых, часто значительный вклад вносят эффекты диффузного рассеяния вследствие интерференции рассеяния от компонент наносистемы и высокой дефектности наноматериалов, искажающей локальную структуру кристаллитов. Случай кристаллических веществ с большой степенью разупорядочения в структуре занимает промежуточное положение между устоявшимися методами исследования полностью окристаллизованных и полностью разупорядоченных систем и требует особых подходов для анализа структуры.

Если отклонения атомных позиций от идеальных положений редки и расположены далеко друг относительно друга, их можно описать как дефекты решетки. Однако, если плотность дефектов велика и они перекрываются между собой, целесообразно рассматривать систему как локально некристаллическую, даже если в среднем может наблюдаться дальний порядок. Поэтому зарубежные исследователи [3] активно применяют для таких целей методологию анализа функций радиального распределения (ФРРА, РРЭП [2] или PDF [3]) не только для низкоупорядоченных или аморфных, но и кристаллических материалов. Метод набрал особую популярность за рубежом после появления специализированных beamline`ов и значительного прогресса в компьютерной обработке (улучшения программ компьютерного анализа). Это позволило избавиться от стереотипов, что метод слишком сложен в исполнении и что Фурье-преобразование дифракционных данных не несет никакой новой информации. Напротив, за счет включения в анализ диффузной интенсивности, метод ФРРА дает информацию о локальной структуре и разделяет ее от усредненной, в отличие от обычных методов.

Данная работа направлена на развитие метода получения функций радиального распределения при съемке образцов на просвет в жестком рентгеновском излучении, чего еще не было реализовано на базе российских центров СИ. Преимуществами метода съемки на просвет двухкоординатным детектором по сравнению с традиционным способом получения дифрактограмм для ФРРА в геометрии по Бреггу-Брентано является возможность производить неразрушающее изучение структуры в объеме материала, малые требования к объему исследуемого образца (до 1мм³), хорошая статистика дифрактограмм и относительно малые времена съемки. Все эти качества в перспективе позволят исследовать структуру таких сложных объектов, как коллоидные растворы или стабилизированные в полимерной матрице наночастицы, чего не позволяла конструкция традиционных дифрактометров.

Работа выполнена при использовании оборудования ЦКП СЦСТИ (финансовую поддержку которого осуществляет Минобрнауки России). Работа выполняется в рамках проектов РНФ и ФЦП ИР.

Литература

1. А.А. Елисеев, А.В. Лукашин, Функциональные наноматериалы. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. - 456 с.
2. Э.М. Мороз // Успехи химии. 2011, 80(4), С.315.
3. T. Egami, S.J.L. Billinge, Underneath the Bragg Peaks: Structural Analysis of Complex Materials, Pergamon, 2003. - 405 p.

Анчарова Ульяна Валерьевна,
630128, Новосибирск, ул. Кутателадзе, 18;
E-mail: ancharova@gmail.com, Тел.: (383) 329-41-45.

СТРУКТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ФЕРРИТОВОЙ КЕРАМИКИ, ПОЛУЧЕННОЙ РАДИАЦИОННО-ТЕРМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ.

У.В. Анчарова¹, М.А. Михайленко¹, Б.П. Толочко¹, М.В. Коробейников², З.С. Винокуров³.

¹ *Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН, Новосибирск.*

² *Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН, Новосибирск.*

³ *Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, Новосибирск.*

Исследования влияния облучения интенсивными пучками релятивистских электронов на кинетику высокотемпературного синтеза показали [1-4], что при облучении электронами наблюдается существенное ускорение синтеза при относительно низких температурах для ряда различных оксидных систем (NaFeO_2 , BaTiO_3 , NiFe_2O_4 , LiFe_5O_8 , MnFe_2O_4 , ZnFe_2O_4 и многих других). Оказалось, что электронный пучок является мощным фактором ускорения твердофазных реакций, по крайней мере в тех случаях, когда скорость реакции определяется диффузией реагентов.

Данная работа посвящена исследованиям процесса радиационно-термической реакции в процессах синтеза ферритовых керамических материалов в ходе облучения интенсивными пучками электронов с энергией 2.4 МэВ. Реакционные смеси были приготовлены совместной механической активацией реагентов в планетарной мельнице.

Методами дифракции рентгеновского синхротронного излучения сравнивается кинетика различных химических реакций: радиационно-термические реакции в режиме *ex situ* и термический *in situ*-синтез тех же керамических материалов без облучения.

Полученные порошки керамических материалов исследованы на предмет фазового состава, химической однородности и дефектов в структуре. Проведен анализ различных условий облучения на фазовый состав, нано- и микроструктуру полученных оксидов. Проведено сравнение реакционной способности различных смесей и показано, что для эффективного протекания реакции необходимо формирование механокомпозиата.

Работа выполнена при использовании оборудования ЦКП СЦСТИ (финансовую поддержку которого осуществляет Минобрнауки России). Работа выполняется в рамках проектов РНФ и ФЦП ИР.

Литература

1. N. Z. Lyakhov, V. V. Boldyrev, A. P. Voronin, O. S. Gribkov, L. G. Bochkarev, S. V. Rusakov & V. L. Auslender // *Journal of Thermal Analysis*. 1995, 43, 21.
2. V.V. Boldyrev, A.P. Voronin, O.S. Gribkov, E.V. Tkachenko, G.R. Karagedov, B.I. Yakobson & V.L. Auslender // *Solid State Ionics*. 1989, 36, 1.
3. A. P. Voronin, V. A. Neronov, V. V. Boldyrev, T. F. Melekhova, V. L. Auslender, V. V. Aleksandrov, N. Z. Lyakhov, V. A. Polyakov & M. A. Savinkina // *Soviet Powder Metallurgy and Metal Ceramics*. 1982, 21, 632.
4. V.L. Auslender, I.G. Bochkarev, V.V. Boldyrev, N.Z. Lyakhov & A.P. Voronin // *Solid State Ionics*. 1997, 101-103, 489.

Анчарова Ульяна Валерьевна,
630128, Новосибирск, ул. Кутателадзе, 18;
E-mail: ancharova@gmail.com, Тел.: (383) 329-41-45.

НАНОДОМЕННЫЕ СОСТОЯНИЯ ПЕРОВСКИТОПОДОБНЫХ ОКСИДОВ НА ОСНОВЕ НЕСТЕХИОМЕТРИЧЕСКИХ ФЕРРИТОВ СТРОНЦИЯ С ВЫСОКИМ ДЕФИЦИТОМ ПО КИСЛОРОДУ.

У.В. Анчарова

Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН, Новосибирск

Многие нестехиометрические перовскитоподобные оксиды $\text{ABO}_{3-\delta}$ имеют нанодоменную структуру при значениях кислородной стехиометрии $3-\delta$ близкими к ваканси-

онно-упорядоченной фазе браунмиллерита $ABO_{2.5}$ [1-5]. Нано-доменная структура возникает в результате фазового расслоения на вакансионно-упорядоченные фазы и представляет собой трехмерные структуры срастания нано-размерных браунмиллеритных доменов (перпендикулярно ориентированных друг относительно друга) в матрице хозяина со структурой перовскита. Однако, в следствие когерентной состыковки 90° доменов с ромбической симметрией и сохранения периодичности катионной подрешетки в системе, нано-доменная структура проявляется на дифрактограммах в виде узких интенсивных пиков высокосимметричной перовскитной структуры со слабыми уширенными сверхструктурными рефлексами.

Данная работа посвящена структурным исследованиям серий наноструктурированных оксидов на основе ферритов стронция $SrFe_{1-y}M_yO_{3-\delta}$ ($M=V;Mo$; $0 < y < 0.2$) с высокой степенью кислородной нестехиометрии ($2.5 < 3-\delta < 2.7$). С помощью комбинации методов рентгеновской дифракции синхротронного излучения, просвечивающей электронной микроскопии высокого разрешения и мёссбауэровской спектроскопии, проведен систематический анализ влияния содержания M -катионов и кислорода на наноструктуру и типы дефектов структуры. Методами компьютерного моделирования дефектных структур [5] и рентгеновской дифракции на них [6] показано, что в зависимости от способа организации нано-доменов и типа протяженных дефектов, присутствующих в системе, получающиеся дифракционные эффекты имеют различные особенности. В результате моделирования проведен систематический анализ влияния различных типов разупорядочения в сильно нестехиометрических оксидах на дифракционные картины.

Сравнение расчетных и экспериментально полученных порошковых дифрактограмм и эффектов наноструктурирования на них показало, что с увеличением степени замещения у высокозарядными катионами M и с увеличением кислородной стехиометрии $3-\delta$ нано-доменная структура трансформируется в сторону уменьшения размера доменов и усложнения ее внутренней организации.

Работа выполнена при использовании оборудования ЦКП СЦСТИ (финансовую поддержку которого осуществляет Минобрнауки России). Работа выполняется в рамках проектов РНФ и ФЦП ИР.

Литература

1. M.A. Alario-Franco, J.C. Joubert & J.P. Lévy // Materials Research Bulletin. 1982, V.17, P.733.
2. N. Nakayama, M. Takano, S. Inamura, N. Nakanishi & K. Kosuge // Journal of Solid State Chemistry. 1987, V.71, P.403.
3. F. Lindberg, G. Svensson, S.Ya. Istomin, S.V. Aleshinskaya & E.V. Antipov // Journal of Solid State Chemistry. 2004, V.177, P.1592.
4. H. D'Hondt, J. Hadermann, A.M. Abakumov, A.S. Kalyuzhnaya, M.G. Rozova, A.A. Tsirlin, R. Nath, H. Tan, J. Verbeeck, E.V. Antipov & G.V. Tendeloo // Journal of Solid State Chemistry. 2009, V.182, P.356.
5. U.V. Ancharova & S.V. Cherepanova // Powder Diffraction Journal. 2013, V.28, S2, S51
6. T. Proffen & R.B. Neder // Journal of Applied Crystallography. 1997, V.30, P.171.

Анчарова Ульяна Валерьевна,
630128, Новосибирск, ул. Кутателадзе, 18;
E-mail: ancharova@gmail.com, Тел.: (383) 329-41-45.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗОТЕРМИЧЕСКОГО СЖАТИЯ ТРИАМИНОТРИНИТРОБЕНЗОЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИНХРОТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ.

Л.Х. Бадретдинова¹, О.В. Костицын², Е.Б. Смирнов², А.В. Станкевич², К.А. Тен³,
Б.П. Толочко⁴.

¹Казанский национальный исследовательский технологический университет, Казань.

²Российский федеральный ядерный центр - Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики им. акад. Е.И. Забабахина, Снежинск, Россия.

³Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН, Новосибирск, Россия.

⁴Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН, Новосибирск, Россия.

Термодинамические функции, реалистично описывающие характеристики веществ в широком диапазоне изменения термодинамических параметров, являются фундаментальными характеристиками среды. Потребность в подобных функциях состояния вещества всегда была актуальной и постоянно увеличивается в связи с возрастающими возможностями расчетного моделирования. До настоящего времени малоизученной остается область высокомолекулярных органических соединений и особенно метаустойчивых химических соединений, каковыми являются взрывчатые вещества (ВВ).

Предложена простая калорическая модель уравнения состояния в форме Ми-Грюнайзена для описания термодинамических свойств взрывчатых материалов без учета фазовых переходов. При построении уравнения состояния исходили из определения свободной энергии Гельмгольца $F(V, T)$, которая наиболее простым образом связана с моделью строения вещества в предположении, что давление и энергия могут быть представлены в виде тепловой и потенциальной (упругой) составляющих. Вид потенциальной составляющей зависит от типа твердого тела. Кристаллические взрывчатые вещества по характеру межатомных сил взаимодействия относятся к классу молекулярных кристаллов. Силами притяжения в кристаллах данного типа являются силы Ван-дер-Ваальса, а силы отталкивания, как и в ионных кристаллах, обусловлены перекрыванием электронных оболочек. Такой характер сил взаимодействия описывается потенциалом Борна-Майера. Тепловая составляющая определяется колебательным движением молекул, входящих в состав кристалла, и описывается приближением Дебая. Ввиду того, что область статических экспериментов не выходит за области низких и умеренных температур (до 1000 К), в данной работе ограничивались рассмотрением фононной составляющей тепловой энергии и давления. Зависимость коэффициента Грюнайзена $\Gamma(V)$ от удельного объема, являющаяся связующей между тепловой и потенциальной составляющими уравнения состояния, описывается в приближении Ландау-Слейтера.

Получено полуэмпирическое уравнение состояния взрывчатого вещества 1,3,5-триамино-2,4,6-тринитробензол (ТАТБ), представляющего интерес из-за уникально низкой чувствительности к внешним тепловым и механическим воздействиям. Высокая стойкость по сравнению с большинством известных взрывчатых материалов позволяет расширить диапазон изменения термодинамических параметров (давления, температуры и т.д.) при проведении экспериментальных исследований, необходимых для построения уравнения состояния. Вместе с тем ВВ ТАТБ чрезвычайно привлекательно для научных исследований благодаря своей сложной кристаллической структуре. Обладая триклинной сингонией, кристаллы ТАТБ характеризуются высокой анизотропией и низкой симметрией, представляющей значительные трудности для рентгеноструктурного анализа.

Параметры уравнения состояния определялись на основании рентгеноструктурных исследований ТАТБ в изотермических условиях. Кривая изотермического сжатия при температуре $T_0=293$ К была получена на ускорительном комплексе ИЯФ СО РАН с использованием метода порошковой дифракции при сжатии ТАТБ в алмазных наковальнях до давлений 6 ГПа.

ЧЕМ СТРУКТУРА «ЖИВОГО» ОТЛИЧАЕТСЯ ОТ СТРУКТУРЫ «НЕЖИВОГО».

А.А. Вазина

Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН, Пущино.

vazina@mail.ru

Доклад посвящен двойному юбилею: 110 лет со дня рождения Глеба Михайловича Франка – инициатора использования синхротронного излучения для исследования живой материи; и 60 лет с момента защиты мною дипломной работы в Институте химии силикатов АН СССР на тему «Исследование структуры целлюлозы методом малоуглового диффузного рассеяния», выполненной под руководством Михаила Александровича Порай-Кошица. В это же время в лаборатории Джона Бернала в Лондоне подобной темой под руководством Дороти Ходжкин занималась студентка Маргарет Тэтчер. После защиты Дороти Ходжкин рекомендовала Маргарет Тэтчер заниматься далее профсоюзной работой. Я же получила рекомендательное письмо от М.А. Порай-Кошица в аспирантуру к Г.М. Франку в Институт биофизики АН СССР.

К Глебу Михайловичу я пришла с «багажом» - книгой Э.Шредингера «Что такое жизнь? Физические аспекты живой клетки».

К середине прошлого века бурные успехи развития в физике рентгендифракционных методов исследования совпали с развитием молекулярной биологии – термин предложен крупным британским ученым Уильямом Астбери, исследователем биологических объектов методом рентгеновской дифракции. Лимитирующим фактором в этих исследованиях был временной параметр. Энтузиастом развития дифракционных методов в России был Глеб Михайлович Франк, который во главу исследования ставил прижизненные исследования структуры в процессе реализации биологической функции. Использование стробоскопических методов на основе импульсных трубок, острофокусных, с вращающимся анодом – казалось, уже исчерпали резерв увеличения интенсивности рентгеновского излучения. Решение этого вопроса оказалось для всех абсолютно неожиданным и непредсказуемым: интенсивное тормозное рентгеновское излучение пучка электронов при движении по кольцу ускорителя.

Использование синхротронного излучения в дифракционных исследованиях не было запланировано! Первое в мире дифракционное кино на основе СИ было создано нами – большим коллективом ученых из Пущино, Новосибирска, Ленинграда, на много лет опережая другие группы исследователей мира. И это совсем по-другому заставило взглянуть на биологическую функцию.

Приводятся экспериментальные данные по исследованию процесса мышечного сокращения с использованием методики «дифракционного кино», в результате чего зарегистрировано существование короткоживущего наноструктурного состояния, сформированного мостиками трех миозиновых нитей около актиновой. Выдвинута оригинальная гипотеза механизма генерации силы на основе принципа динамического сопряжения симметрий миозиновых и актиновых нитей. Использование SAXS/WAXS техники для исследования мультидоменного мышечного белка тайтина позволило показать наличие гетерофазных состояний, обеспечивающих полифункциональный механизм мультидоменных белков, и определить точечную группу молекулы тайтина как SM с трансляцией t_{∞} вдоль оси. Таким образом, показано, что *живая природа «отгораживается» от кристаллического типа упорядочения в трехмерном евклидовом пространстве переходом от инвариантности относительно бесконечной трансляционной решетки к локальной*

упорядоченности, описываемой математическими конструкциями алгебраической геометрии.

Обсуждаются молекулярные и наноструктурные аспекты функциональных механизмов локально упорядоченных биосистем.

РОЛЬ ЭКЗОГЕННЫХ И ЭНДОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА СТРУКТУРУ ЦИТОСКЕЛЕТА И МЕЖКЛЕТОЧНОГО МАТРИКСА БИОЛОГИЧЕСКОЙ ТКАНИ НА ПРИМЕРЕ ТКАНИ ВОЛОСА.

А.А. Вазина¹, Н.Ф. Ланина¹, В.Н. Корнеев², А.В. Забелин³, Г.Н. Кулипанов⁴.

1 Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН, Пущино.

2 Институт биофизики клетки РАН, Пущино.

3 НИЦ «Курчатовский институт», Москва.

4 Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера РАН, Новосибирск.

В докладе будут представлены результаты экспериментальных исследований методом SAXS/WAXS дифракции структуры ткани волоса животных и человека, начатые нами по инициативе академика Г.Н. Кулипанова и проводимые систематически на протяжении 15 лет коллективом сотрудников из Пущино, Москвы и Новосибирска.

Показано, что рентгенограмма волоса является рентгенограммой фибриллярного типа и обусловлена кератиновыми филаментами цитоскелета клетки и протеогликанов межклеточного матрикса [1,2]. Благодаря нашему систематическому исследованию протеогликановых систем слизи желудочно-кишечного тракта, нами было показано, что эта система представлена в ткани волоса и ответственна за целый ряд проявлений (действий) модификационной адаптации в организме [3].

Ткань волоса выполняет разнообразные физиологические функции у животных и человека, обладает уникальной одноосной полярностью кератиноцитов клетки; двухкомпонентность рентгеновской дифракционной картины волос человека позволяет использовать их как идеальную экспериментальную модель эпителиальной ткани для исследования механизмов структурно-функциональной устойчивости молекулярных и наноструктурных компонентов клетки и межклеточного матрикса ткани.

Выявлены значительные различия в устойчивости фибриллярных структур протеогликанов межклеточного матрикса и белкового цитоскелета эпителиальных тканей к механическим и температурным воздействиям [4]. Исследовано влияние санитарно-гигиенических и лекарственных средств, широко используемых при уходе за волосами, на трансформацию структуры и элементного состава ткани волоса [1].

Протеогликаны следует рассматривать как универсальный компонент каркаса, обеспечивающий структурный гомеостазис биологических тканей при эндогенных и экзогенных воздействиях. Ткань волоса является перспективным биологическим материалом для решения прикладных задач в качестве диагностического материала для массового мониторинга в целях экологического и санитарно-гигиенического риска.

Литература

1. A.M. Aksirov et. al. // Nuclear Instruments and Methods. 2001. V. A470. P. 380-387.
2. A.A. Vazina et al. // Nuclear Instruments and Methods. 2005. V. A543. P. 153-157.
3. A.A. Vazina et. al. // J. Glass Physics and Chemistry. 2006. V. 33. Iss. 3. P. 294-301.
4. A.A. Vazina et. al. // Nuclear Instruments and Methods. 2009. V. A603. P. 90-94.

Вазина Альвина Андреевна,
142290, Пущино, ул. Институтская, 3.
E-mail: vazina@mail.ru, Тел.: (4967) 73-91-61.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ V₂O₅ НА КИНЕТИКУ И МЕХАНИЗМ ОКИСЛЕНИЯ ПОРОШКА АСД-4.

В.Г. Шевченко¹, В.Н. Красильников¹, Д.А. Еселевич¹,
А.В. Конюкова¹, А.И. Анчаров^{2,3}, Б.П. Толочко²

¹ Институт химии твердого тела УрО РАН, 620990 Екатеринбург.

² Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН, 630128 Новосибирск.

³ Новосибирский Государственный Университет, 630090 Новосибирск.

shevchenko@ihim.uran.ru

Порошки алюминия обладают высоким уровнем энергоемкости и находят широкое применение в области пиро- и взрывотехники, порошковой металлургии, в производстве высокоэнергетических горючих смесей и твердых топлив для ракетных двигателей.

В работе представлены результаты исследования процесса окисления модифицированного порошка АСД-4 и механизмов влияния пентоксида ванадия на кинетику его окисления. Удельная поверхность порошка Al составляла 0.4 м²/г; активного металла – 98.7%; содержание ванадия – 0.5-0.8%.

Методами ТГ и ДСК в условиях нагрева на воздухе до 1250°С со скоростью 10 град/мин и рентгенодифракционным методом в аналогичных условиях, с использованием источника синхротронного излучения, изучен процесс окисления и фазообразования модифицированного порошка АСД-4. В результате выявлено, что процесс окисления порошка АСД-4, модифицированного ванадиевым гелем, начинается при температуре 500°С. Экзотермический эффект на кривой ДСК проявляется при температуре 797°С, степень превращения Al при температуре 1250°С около 90%. Установлено, что переход окисления в горение сразу же после плавления образца происходит при 660°С. Следовательно, пропитка микроразмерного порошка АСД-4 ванадийсодержащим гелем ускоряет процесс его окисления при нагревании в воздушной среде и смещает процесс в низкотемпературную область.

УРАВНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ И СТРУКТУРА КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ГЛУБИННЫХ ПРОЦЕССОВ: ДИФРАКТОМЕТРИЯ *IN SITU* ПРИ ВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЯХ И ТЕМПЕРАТУРАХ.

А.Ю. Лихачёва¹, С.В. Ращенко^{1,2}, П.Н. Гаврюшкин^{1,2}, С.В. Горяйнов¹, А.С. Крылов³,
К.Д. Литасов^{1,2}, Т.М. Инербаев⁴, Ю.В. Сереткин^{1,2}, А.Д. Чанышев^{1,2}, А.Ю. Манаков⁵, А.И.
Анчаров⁶.

¹ Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, Новосибирск.

² Новосибирский государственный университет, Новосибирск.

³ Институт физики им. Л.В. Киренского СО РАН, Красноярск.

⁴ Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан.

⁵ Институт неорганической химии им. А.В. Николаева СО РАН.

⁶ Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН, Новосибирск.

На протяжении последнего десятилетия на станции «Дифрактометрия в жёстком рентгеновском излучении» СЦСТИ проводятся исследования структурного поведения минералов при высоких давлениях и температурах в алмазных ячейках высокого давления с резистивным нагревом. Доступный при этом *PT*-диапазон (25–800°С, 0–200 кбар) позволяет моделировать условия земной коры и верхней мантии.

Основным направлением является исследование вхождения воды в структуру силикатов при высоких *PT*-параметрах в связи с проблемой ее транспорта в глубинные геосфе-

ры. В рамках изучения реакций образования высокобарических водосодержащих фаз получен лавсонит $\text{CaAl}_2[\text{Si}_2\text{O}_7](\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ в ходе разложения цеолита ломонтита при 400°C и 25 кбар. При данных P - T условиях определены параметры решетки лавсонита и фазовый состав системы $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2-\text{H}_2\text{O}$ [1]. Предварительные результаты изучения реакции образования высокобарической фазы ТАР (Ten Angstrom Phase) $\text{Mg}_3[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ при 500°C и 80 кбар показывают необратимое изменение состояния межслоевой H_2O в закалочной фазе по сравнению с равновесной [2]. Это имеет принципиальное значение для моделирования поведения водосодержащих силикатов в условиях субдукции.

Другое направление - изучение уравнений состояния и структурного поведения полициклических ароматических углеводородов в связи с моделированием состава глубинного С-О-Н флюида. Получены кривые сжимаемости и температурные зависимости упругих параметров для нафталина C_{10}H_8 при $25-500^\circ\text{C}$ и $0-130$ кбар. Экспериментальные данные удовлетворительно согласуются с расчетом из первых принципов, выполненным в рамках теории функционала электронной плотности. Параметры сжимаемости нафталина при использовании уравнения состояния Вине для изотермы 298 K : $V_0 = 361 \text{ \AA}^3$, $K_{T0} = 8,4$ (3) ГПа и $K_T' = 7,2$ (3). Коэффициент термического расширения при $P > 30$ кбар чрезвычайно низок ($\sim 10^{-5} \text{ K}^{-1}$), что отражает специфику высокобарического поведения полициклических углеводородов, связанную с низкой энергией межмолекулярных взаимодействий [3,4].

Работа выполнена при использовании оборудования ЦКП СЦСТИ и финансовой поддержке Минобрнауки России, а также грантов РФФИ № 13-05-00185 и № 12-05-00841.

Цитируемая литература

- [1] Ращенко С.В., Лихачева А.Ю., Чанышев А.Д., Анчаров А.И. (2012) Использование рентгеновской дифракции *in situ* для изучения минеральных превращений: образование лавсонита при 400°C и 25 кбар // Журнал структурной химии 53, S46-S49.
- [2] Rashchenko S.V., Likhacheva A.Yu., Krylov A.S., Mikhno A.O. (2013) Diamond anvil cell in high-pressure petrology: studying the metamorphic reactions *in situ* // 10th International Eclogite Conference (Courmayeur, Italy, September 2-10, 2013): Abstract Volume, 104.
- [3] A.Y. Likhacheva, S.V. Rashchenko, A.D. Chanyshev, T.M. Inerbaev, K.D. Litasov, D.S. Kilin (2014) Thermal Equation of State of Solid Naphthalene to 13 GPa and 773 K: *In Situ* X-ray Diffraction Study and First Principles Calculations // Journal of Chemical Physics 140 (in press).
- [4] A.Y. Likhacheva, S.V. Rashchenko, K.D. Litasov (2014) High-pressure structural properties of naphthalene up to 6 GPa // Journal of Applied Crystallography 47, doi: 10.1107/S1600576714005937.

SAXS/WAXS ИССЛЕДОВАНИЯ ТКАНИ ШЕРСТИ МУТАНТНЫХ МЫШЕЙ.

Г.С. Петерс¹, А.А. Васильева², А.В. Забелин¹, А.Ю. Грузинов¹, Н.Ф. Ланина²,
А.Г. Малыгин³, А.А. Вазина¹

¹ НИЦ «Курчатовский институт», Москва.

² Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН, Пущино.

³ Институт биохимии им. А.Н. Баха РАН, Москва.

Проведены сравнительные рентгендифракционные исследования тканей шерсти нормальных и мутантных мышей из коллекции Института биохимии им. Баха РАН. В работе использовали потомков мышей, полученных от скрещивания нормальной самки гетерогенной лабораторной популяции с примесью линии Swiss Webster филиала «Андреевка» питомника ГУНЦБМТ РАМН и самца с признаком задержки роста. Наследуемость признака позволяет считать его результатом мутации. Мышей содержали в стандартных условиях вивария. Исследовалась шерсть нормальных и мутантных мышей из одной коллекции, возраст мышей составлял 1-2 года.

Экспериментальной базой для исследований служила малоугловая станция ДИКСИ накопителя «Сибирь-2» (НИЦ «Курчатовский институт», Москва). Рабочий режим станции: ток в накопителе - 70-100 мА при напряжении 2,5 ГэВ, длина волны $\lambda = 0,162$ нм. Детектором излучения служила полупроводниковая CCD-матрица (MAR CCD), охлаждаемая до -80°C , при этом собственные шумы матрицы снижаются на 3 порядка. Типичное время экспозиции составляло 1-5 мин. Исследования проводили в больших и малых углах дифракции: величина θ составляла до 30 и до 5 градусов соответственно. Для калибровки шкалы углов дифракции были сняты рентгенограммы стандартных объектов: порошка бехената серебра (в малых углах) и образцов влажного коллагена сухожилия хвоста крысы, а также иглы дикобраза (в больших углах).

На примере сравнения рентгенограмм ткани шерсти нормальных и мутантных мышей рассматриваются механизмы адаптации тканей животных к изменениям как внешних, так и внутренних воздействий.

Петерс Георгий Сергеевич,
123182, Москва, пл. ак. Курчатова, 1;
E-mail: dproj1@yandex.ru, Тел.: (499) 196-71-00 (3516).

***IN SITU* ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОКОЛЕБАНИЙ В РЕАКЦИИ ОКИСЛЕНИЯ МЕТАНА НА НИКЕЛЕ МЕТОДОМ РФА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИНХРОТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ**

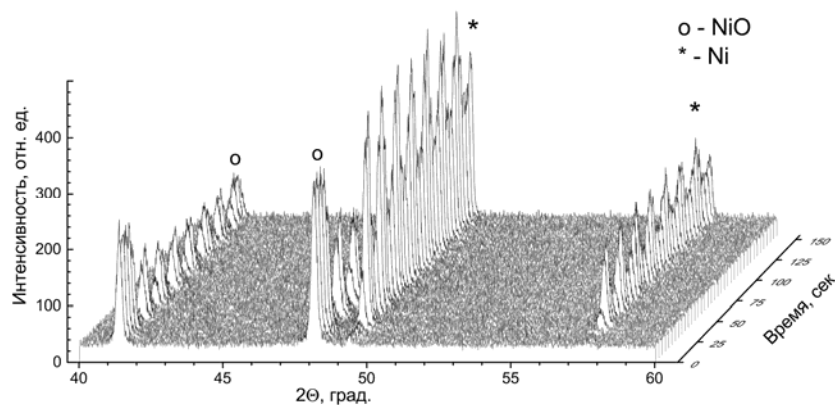
А.А. Сараев, З.С. Винокуров, С.П. Иванова, А.Н. Шмаков, В.И. Бухтияров, В.В. Каичев.

Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, Новосибирск.

В работе представлены результаты *in situ* исследования реакции каталитического окисления метана на никелевой фольге, протекающей в режиме автоколебаний. Показано, что в диапазоне температур $650-900^{\circ}\text{C}$ в условиях дефицита кислорода в данной системе возникают устойчивые автоколебания с периодом, длительность которого может изменяться от десятков секунд до нескольких минут. При этом осцилляции скорости реакции сопровождаются осцилляциями температуры катализатора с амплитудой порядка 100°C . Для выявления причин возникновения автоколебаний в данной работе были использованы методы рентгеновской дифракции и масс-спектрометрии в режиме *in situ*.

Эксперименты проводились на станции «Прецизионная дифрактометрия» накопительного кольца ВЭПП-3 «Сибирского Центра Синхротронного и Терагерцового Излучения» (ИЯФ СО РАН). Катализатор представлял собой никелевую фольгу размером $5 \times 20 \times 0.125$ мм (чистота 99.99%, Advent). Для проведения экспериментов в режиме *in situ* дифрактометр был оснащен системой напуска газов, высокотемпературной камерой-реактором Anton Paar XRC-900 и масс-спектрометром SRS UGA-100 для анализа состава газовой фазы.

Применение метода рентгеновской дифракции в режиме *in situ* позволило показать, что в ходе автоколебаний меняется фазовый (а также и химический) состав поверхностного слоя катализатора. Типичные дифрактограммы приведе-



ны на рисунке. Обнаружено, что в состоянии высокой активности никель в приповерхностном слое находится в металлическом состоянии, переход в состояние низкой активности сопровождается образованием на поверхности слоя NiO. В активный полупериод основным маршрутом реакции является парциальное окисление метана до CO и H₂, побочными продуктами являются CO₂ и H₂O.

Таким образом, проведенное исследование позволило однозначно установить, что возникновение автоколебаний в реакции каталитического окисления метана определяется периодическим окислением/восстановлением никеля. Ранее было показано, что подобный механизм возникновения автоколебаний реализуется при окислении пропана на никеле в условиях дефицита кислорода при давлениях ~1 мбар [1].

Работа выполнена в рамках Междисциплинарного интеграционного проекта СО РАН № 81 «Нелинейные явления в гетерогенных каталитических системах: пространственная и временная организация».

Литература:

V. V. Kaichev, A. Yu. Gladky, I. P. Prosvirin, A. A. Saraev, M. Hävecker, A. Knop-Gericke, R. Schlögl, V. I. Bukhtiyarov, Surf. Sci. 2013, **609**, 113.

Сараев Андрей Александрович, 630090, Новосибирск, проспект ак. Лаврентьева, 5;
E-mail: asaraev@catalysis.ru, Тел.: (383) 326-97-74.

ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРО-, МЕЗО И МАКРОСТРУКТУРЫ КОНДЕНСИРОВАННЫХ ГЕТЕРОГЕННЫХ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИНХРОТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ.

Смирнов¹ Е.Б., А.Н., Музыря¹ А.К., Костицын¹ О.В., Бадретдинова² Л.Х., Тен³ К.А., Прууэл³ Э.Р., Толочко⁴ Б.П., Шарафутдинов⁴ М.Р., Шмаков⁵ А.Н., Купер⁶ К.Э.

¹ ФГУП Российский федеральный ядерный центр - Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики им. академ. Е.И. Забабахина, Снежинск, Россия.

² ФГБОУ ВПО Казанский национальный исследовательский технологический университет, Казань, Россия.

³ ФГБУН Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН, Новосибирск, Россия.

⁴ ФГБУН Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН, Новосибирск, Россия.

⁵ ФГБУН Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, Новосибирск, Россия.

⁶ ФГБУН Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН, Новосибирск, Россия.

Согласно современным представлениям, превращение гетерогенного взрывчатого вещества (ВВ) в продукты взрыва, начинается по гомогенному механизму во фронте иницирующей ударной волны и продолжается за фронтом по локально-тепловому механизму. При этом закономерности разложения ВВ во фронте волны определяются его молекулярной структурой, с характерными размерами на уровне ангстрем. С уменьшением интенсивности внешнего воздействия доля ВВ разложившегося во фронте уменьшается, однако роль локально-теплового механизма в процессе иницирования возрастает. При этом под действием ударной волны на неоднородностях микро-, мезо- и макроструктуры, внутри ВВ, за счет диссипации энергии создаются локальные повышения температур – горячие точки. Повышенные температуры способствуют возникновению химической реакции в областях разогревов и последующему распространению ее на окружающее вещество. В качестве возможных причин локализации тепла, в литературе обсуждаются различные механизмы. Однако многогранность явления возбуждения взрывчатого превращения не позволяет отдать предпочтение какому-то одному из них, тем более, что при изменении

условий нагружения, возможно, происходит смена механизмов, определяющих процесс инициирования своим совместным действием.

На практике, не рассматривая подробно сами механизмы, делается предположение о взаимосвязи размера неоднородности, в частности воздушной поры и величины энергии которую она аккумулирует в себе при сжатии. Учитывается также, что отток тепла пропорционален площади поверхности разогретой поры. Построенная в этих предположения математическая модель кинетики разложения ВВ чрезвычайно требовательна к фактическим данным о распределении неоднородностей внутри ВВ. При этом необходима эмпирическая информация как о молекулярной структуре ВВ, так и о гетерогенной структуре заряда ВВ. Последняя, в свою очередь, определяется процессом производства и изменяется при механических и тепловых воздействиях на ВВ. Всю совокупность неоднородностей структуры заряда ВВ можно условно разделить на три моды: внутрикристаллические (1-100 нм), внутригранульные (0,1-100 мкм) и межгранульные (0,1-10 мм). Таким образом для построения физической модели кинетики разложения ВВ необходима информация о структуре охватывающая область от молекулярной структуры с характерными размерами на уровне 10^{-10} м, до макроструктуры ВВ с характерными размерами достигающими 10^{-2} м.

В работе приведен обзор методов неразрушающего контроля структуры ВВ. Изложены основные результаты, полученные к настоящему времени. Исследования молекулярной структуры индивидуальных ВВ с характерными размерами 0,1-1 нм проводилось дифракционными методами (XRD), в том числе при вариации температуры и приложенного статического давления, методом сжатия в алмазных наковальнях. Полученные данные позволяют построить изобару и изотерму исследуемого ВВ, необходимые для построения уравнения состояния. Вместе с тем эти исследования дают ценную информацию о изменении молекулярной структуры при внешних воздействиях (температура и давление), в том числе при приближении уровня воздействий к критическим.

Исследования структуры зарядов гетерогенных ВВ проводилось методом малоуглового рентгеновского рассеяния (SAXS). В общих чертах метод аналогичен рентгеновской дифракции (XRD), с тем отличием, что дифракция на малые углы содержит информацию о более крупных структурных неоднородностях. Вместо рассеяния от атомных плоскостей в этом методе регистрируется рассеяние для случайным образом распределённых пустот в ВВ. Размеры структур зарегистрированные в наших экспериментах находятся в диапазоне от 1 нм до 10 нм. Область структур от 10 нм до 10 мкм исследовалась методом электронной микроскопии. Структуры в диапазоне размеров от 1 мкм до 10 мм исследовались методом рентгеновской компьютерной микротомографии с использованием синхротронного излучения (XRCT). Существенного прогресса в исследованиях, по нашему мнению, удастся добиться внедрением метода сверхмалоуглового рентгеновского рассеяния (USAXS), работы по созданию которого ведутся в настоящее время. Данный метод позволит исследовать структурные неоднородности с размерами от 10 нм до 10 мкм.

В ходе исследований получена количественная характеристика неоднородностей внутри исследуемого гетерогенного ВВ. Полученные данные предназначены для построения математических моделей кинетики разложения конденсированных гетерогенных ВВ.

**СТРУКТУРНЫЕ ДИФРАКЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТКАНИ
РЕСНИЦ ГЛАЗА ПАЦИЕНТОВ ОЖОГОВОГО ОТДЕЛЕНИЯ
ИНСТИТУТА ГЛАЗНЫХ БОЛЕЗНЕЙ И ТКАНЕВОЙ ТЕРАПИИ ИМ.
В.П.ФИЛАТОВА НАМН УКРАИНЫ**

И.А. Старосельский¹, Г.С. Петерс¹, А.В. Забелин¹, Р.И. Чаланова², Н.В. Пасечникова²,
А.А. Вазина³

¹ НИЦ «Курчатовский институт», Москва.

² Институт глазных болезней и тканевой терапии им. В.П.Филатова НАМН Украины,
Одесса.

³ Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН, Пущино.

Методами рентгеновской дифракции проведены исследования наноструктурной трансформации придатков эпителиальной ткани века (ресниц человека) после длительного курса лечения различных ожогов глаза. Рентгендифракционные исследования проводили на станции ДИКСИ накопителя «Сибирь-2» (НИЦ «Курчатовский институт», Москва). В ходе эксперимента были получены дифракционные картины ресниц пациентов, которые пострадали от травмы и ожогов глаз различной степени тяжести.

Образцы ресниц были взяты у пациентов Отдела послеожоговой патологии глаза Института глазных болезней и тканевой терапии им. В.П.Филатова НАМН Украины. Толщина образца варьировалась от 0.1 до 0.25 мм, что в несколько раз больше толщины волос, использовавшихся в предыдущих экспериментах. В качестве контрольных образцов использовались ресницы, полученные от здоровых мужчин возраста от 17 до 22 лет, являющихся курсантами Одесской Военной Академии.

Во время сравнительных исследований структуры ресниц, выросших после длительного курса лечения, обнаружено отсутствие традиционного дифракционного рефлекса 4.5 ± 0.15 нм, обусловленного взаимодействиями межклеточных протеогликановых фибрилл и катионов кальция с карбоксильными и сульфатными группами полисахаридов, который всегда регистрируется на волосах доноров, использующих санитарно-гигиенические средства.

Полученные данные и методика могут быть использованы для оценки качества различных процедур и фармацевтических препаратов, используемых в длительных курсах лечения. Структура ткани волоса может быть использована как маркер трансформации биологической структуры под влиянием экзогенных и эндогенных физико-химических воздействий.

Старосельский Иван Андреевич,

123182, Москва, пл. ак. Курчатова, 1;

E-mail: staroselskij@physics.msu.ru, Тел.: (499) 196-71-00 (3516).

ДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ ЛАУЭ-ДИФРАКЦИИ ФЕМТОСЕКУНДНЫХ РЕНТГЕНОВСКИХ ИМПУЛЬСОВ НА СЛАБОИЗОГНУТЫХ КРИСТАЛЛАХ.

Чен Т.

Развита теория динамической дифракции фемтосекундных рентгеновских импульсов при их лауэвском отражении от слабоизогнутых кристаллов. Рассмотрены случаи дельта-импульса, гауссова импульса с квадратичной модуляцией по фазе. Проанализирована пространственно-временная компрессия (сжатие) фемтосекундных импульсов.

СОСТОЯНИЕ РАБОТ НА СТАНЦИЯХ «АНОМАЛЬНОЕ РАССЕЯНИЕ» И «ПРЕЦИЗИОННАЯ ДИФРАКТОМЕТРИЯ» В СЦСТИ

А.Н.Шмаков^{1,2}, З.С.Винокуров^{1,2}, А.Г.Селютин^{1,2}

¹ *Институт катализа им. Г.К.Борескова СО РАН, Новосибирск.*

² *Научно-образовательный центр энергоэффективного катализа Новосибирского национального исследовательского государственного университета.*

Станция «Аномальное Рассеяние» смонтирована на канале вывода СИ №2 накопителя электронов ВЭПП-3 и предназначена для проведения рентгенодифракционных экспериментов с высоким угловым разрешением, с применением резонансных эффектов, в геометрии скользящего падения и в условиях малых углов дифракции. На станции выполняются работы по программам Института катализа СО РАН, Института химии твердого тела и механохимии СО РАН, Института неорганической химии СО РАН, Института высокотемпературной электрохимии УрО РАН, Томского политехнического университета и др.

Станция «Прецизионная Дифрактометрия» установлена на канале вывода СИ №6 накопителя электронов ВЭПП-3. Станция оборудована позиционно-чувствительным детектором ОД-3М-350 производства ИЯФ СО РАН и высокотемпературными рентгеновскими камерами для проведения экспериментов в вакууме и в различных реакционных средах. В работе станции принимают участие сотрудники институтов Сибирского отделения РАН.

В докладе представлена краткая информация об основных направлениях проводимых исследований и приведены примеры выполненных работ. Так, сотрудниками Института неорганической химии СО РАН выполнены эксперименты по исследованию структуры и фазового состава тонких металлических и оксидных пленок, представляющих интерес в качестве перспективных материалов для микроэлектроники. Сотрудники Института катализа СО РАН осуществляют эксперименты по исследованию объемной диффузии кислорода в оксидных системах на основе никелатов редкоземельных элементов – материалов катодов топливных элементов; по исследованию фазовых превращений в процессе сорбции аммиака в галогенидах щелочноземельных металлов, внедренных в поры различных носителей, – перспективных материалов для создания эффективных холодильных машин; по исследованию формирования и свойств композитных полимер-углеродных материалов; по исследованию автоколебаний в процессе каталитического окисления углеводородов на никеле и др. Показаны также перспективы развития дифракционных исследований в СЦСТИ, связанные с вводом в действие новой экспериментальной станции на канале вывода СИ №3 накопителя электронов ВЭПП-4.

Работа выполнена при поддержке Фонда «Сколково» (Соглашение о предоставлении гранта российской образовательной организации от 28.11.2013 года № 1)

Шмаков Александр Николаевич,
630090, Новосибирск, проспект ак. Лаврентьева, 5;
E-mail: A.N.Shmakov@inp.nsk.su, Тел.: (383) 3269547.

КИНЕМАТИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ УГЛОВОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МОЩНОСТИ И ЛИНЕЙНОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ РЕЛЯТИВИСТСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПРОИЗВОЛЬНО ДВИЖУЩЕГОСЯ ЗАРЯДА.

В.Г.Багров, В.А.Бордовицын, А.В.Куликова.

Построены индикатрисы углового распределения мощности мгновенного излучения произвольно движущегося релятивистского заряда. Предполагается, что в момент излучения траектория заряда располагается произвольным образом относительно начала сферической системы координат. Показано, что несмотря на наличие большого разнообразия в математическом представлении индикатрис углового распределения излучения для разного рода траекторных конфигураций все они в случае кинематически адекватного описания движения излучающей частицы принимают совершенно одинаковый вид даже при различном расположении относительно осей координат. Та же техника описания мгновенного углового распределения мощности излучения используется и для исследования линейной поляризации излучения произвольно движущейся заряженной частицы. Однако на этот раз для полной мощности поляризационных компонент излучения в отличие от предыдущего случая складывается совсем иная ситуация. Оказалось, что интегральные компоненты линейной поляризации мгновенного излучения существенным образом зависят от пространственной ориентации траектории частицы относительно осей координат в момент излучения. Полученные здесь результаты можно использовать для анализа углового распределения и поляризации излучения в задачах, для которых большое значение имеет ориентация траектории излучающего заряда относительно используемого экспериментального оборудования. Большое значение эти исследования имеют также в проблемах космического радиоизлучения, например, для построения профилей излучения пульсаров.

КОНСТРУКЦИЯ ВАКУУМНОГО ОНДУЛЯТОРА НА ПОСТОЯННЫХ МАГНИТАХ С МЕЖПОЛЮСНЫМ ЗАЗОРОМ, ПОВТОРЯЮЩИМ ОГИБАЮЩУЮ ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА.

Воблый П.Д., Колокольников Ю.М.

В статье описывается конструкция ондулятора на постоянных магнитах, который состоит из нескольких сегментов, каждый из которых имеет величину межполюсного зазора, зависящего от величины вертикального размера электронного пучка. Период и величины амплитуды магнитного поля в каждом сегменте ондулятора подобраны таким образом, что энергия фотонов первой гармоники будет иметь одинаковую величину во всех сегментах ондулятора. Благодаря тому, что межполюсной зазор ондулятора вписан в вертикальную огибающую электронного пучка, спектральные характеристики синхротронного излучения из такого ондулятора будут существенно лучше, чем излучение из ондулятора с постоянным межполюсным зазором.

ОНДУЛЯТОР НА ПОСТОЯННЫХ МАГНИТАХ С ПЕРЕМЕННЫМ ЗАЗОРОМ ДЛЯ ЛАЗЕРА НА СВОБОДНЫХ ЭЛЕКТРОНАХ.

Батраков А.М., Воблый П.Д., Гуров Д.С., Зуев В.В., Ильин И.В., Клименко А.С., Колокольников Ю.М., Огурцов А.Б., Уткин А.В., Хавин Н.Г.

Ондулятор на постоянных магнитах с переменным зазором предназначен для получения когерентного рентгеновского излучения. Длина магнитной системы ондулятора 5м, период $\lambda=32$ мм, амплитуда магнитного поля $B=0.75$ Тл при минимальном межполюсном зазоре $h=9$ мм. В статье описывается магнитная структура ондулятора, оригинальный способ установки подвижных гирдеров с постоянными магнитами, представлены результаты магнитных измерений ондулятора.

СИСТЕМЫ МАГНИТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ СВЕРХПРОВОДЯЩИХ ВИГГЛЕРОВ НА ОСНОВЕ НАТЯНУТОЙ ПРОВОЛОКИ С ТОКОМ.

Зорин А. В., Мезенцев Н. А., Цуканов В. М. и другие.

Рассказывается о системах магнитных измерений на основе натянутой проволоки с током, применяемых при производстве сверхпроводящих вигглеров в ИЯФ СО РАН. Такие системы, в отличие от систем на основе датчика Холла, позволяют измерять интегральные характеристики магнитного поля (в частности, первый и второй интегралы) в реальном времени при подъёме и опускании поля. В институте уже много лет применяется метод с постоянным током, а в последнее время внедряется метод с резонансной раскачкой проволоки гармоническим током, что впоследствии позволит производить сверхпроводящие ондуляторы, которые требуют гораздо более точных измерений, чем вигглеры. Также рассказывается о вариантах метода с ещё двумя формами токов, которые в настоящее время не применяются в институте.

4,2 Т СВЕРХПРОВОДЯЩИЙ МНОГОПОЛЮСНЫЙ ВИГГЛЕР ДЛЯ АВСТРАЛИЙСКОГО СИНХРОТРОНА

Зорин А. В., Мезенцев Н. А., Волков А. А., Шкаруба В. А., Хрущев С. В., Цуканов В. М.

Отчёт о 4,2 Т сверхпроводящем многополюсном вигглер для Австралийского синхротрона в Мельбурне, созданном в ИЯФ СО РАН в 2011-2012 годах. Вигглер используется в 2013 года и создаёт самый широкий в мире пучок рентгеновского излучения. Используется для биомедицинских исследований и лечения. Максимальное рабочее поле 4,2 Т. Период 52 мм. Число пар полюсов 63 (на полное поле 59). Время подъёма и опускания поля менее 5 минут. Вертикальная апертура 10 мм, горизонтальная 60 мм.

МУЛЬТИПОЛЬНЫЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТЫ ДЛЯ БУСТЕРА BNL (США) И ЛИНАКА MAX IV LAB (ШВЕЦИЯ).

Батраков А.М., Воблый П.Д., Гуров Д.С., Зуев В.В., Кобец В.В., Огурцов А.Б., Павленко А.В., Уткин А.В., Филипченко А.В.

В статье описываются квадрупольные и секступольные электромагниты для бустера синхротронного накопителя BNL (США) и квадрупольные линзы для линака синхротронного накопителя MAX IV Lab (Швеция). В работе представлены два метода изготовления железного ярма магнитов и описание измерительной системы мультиполюсных гармоник магнитного поля линз с компенсацией основной гармоники.

СПИРАЛЬНЫЕ ОНДУЛЯТОРЫ ДЛЯ КОЛЛАЙДЕРА ТЯЖЁЛЫХ РЕЛЯТИВИСТСКИХ ИОНОВ (RHIC) В БРУКХЕЙВЕНСКОЙ НАЦИОНАЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРИИ.

Батраков А.М., Воблый П.Д., Гуров Д.С., Зуев В.В., Ильин И.В., Клименко А.С., Колокольников Ю.М., Огурцов А.Б., Уткин А.В., Хавин Н.Г.

Спиральные ондуляторы на постоянных магнитах предназначены для установки на коллайдере (RHIC). Они являются частью контрольно-проверочного эксперимента по когерентному электронному охлаждению, который будет проводиться на RHIC. С их помощью будет обеспечиваться взаимодействие пучка электронов с пучком тяжёлых ионов. В статье описывается конструкция спиральных ондуляторов на постоянных магнитах и результаты их магнитных измерений.

ОСОБЕННОСТИ ЗАНУЛЕНИЯ ИНТЕГРАЛОВ МАГНИТНОГО ПОЛЯ В ВИГГЛЕРАХ И ОНДУЛЯТОРАХ С ЧЁТНЫМ ЧИСЛОМ ПОЛЮСОВ.

С.В.Хрущев, В.А.Шкаруба, В.М.Цуканов, Н.А.Мезенцев, В.Х.Лев.

В статье рассматриваются отличия расположения траектории электронного пучка, проходящего через вигглер или ондулятор, в случае использования чётного числа полюсов вместо нечётного и связанные с этим особенности расчета боковых полюсов (1/4 и 3/4).

СВЕРХПРОВОДЯЩИЙ 15-ПОЛЮСНЫЙ ВИГГЛЕР С ПОЛЕМ 7.5 Т ДЛЯ LSU-CAMD.

Волков А.А., Зорин А.В., Лев В.Х., Мезенцев Н.А., Сыроватин В.М., Тарасенко О.А., Хрущев С.В., Цуканов В.М., Шкаруба В.А.

Сверхпроводящий 15-полюсный вигглер с магнитным полем 7.5 Т и периодом 200 мм был разработан и изготовлен в ИЯФ СО РАН и установлен на накопитель LSU-CAMD с энергией электронного пучка 1.5 ГэВ (Луизиана, США) в 2013. Синхротронное излучение, генерируемое вигглером, позволило расширить диапазон проводимых экспериментов вплоть до энергии фотонов ~ 60 КэВ одновременно на трех независимых каналах вывода излучения. В данной статье описываются основные характеристики и особенности конструкции магнитной и криогенной системы вигглера.

TEMPERATURE- AND PRESSURE-DEPENDENT HYDROGEN CONCENTRATION IN SUPPORTED PDHX NANOPARTICLES BY PD K-EDGE X-RAY ABSORPTION SPECTROSCOPY

Aram L. Bugaev¹, Alexander A. Guda¹, Kirill A. Lomachenko^{1,2}, Vasiliy V. Srabionyan¹, Lusegen A. Bugaev¹, Alexander V. Soldatov¹, Carlo Lambertucci^{1,2}, Vladimir P. Dmitriev³, Jeroen A. van Bokhoven^{4,5}

¹*Southern Federal University, Zorge street 5, 344090, Rostov-on-Don, Russia.*

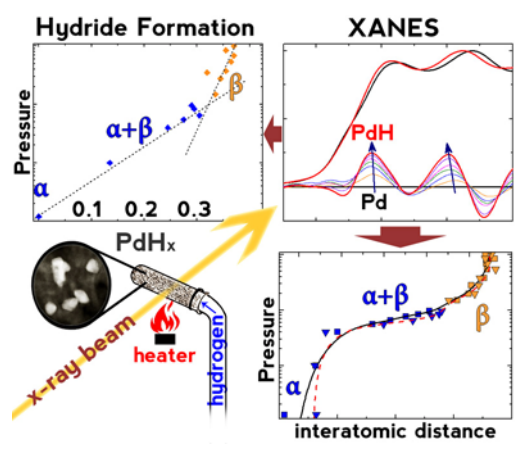
²*Department of Chemistry, NIS and CrisDI Centers, Turin University and INSTM Reference Center, Via P. Giuria 7, 10125 Turin, Italy.*

³*SNBL at ESRF, Polygone Scientifique Louis Néel, 6 rue Jules Horowitz, 38000 Grenoble, France.*

⁴*ETH Zurich, Institute for Chemical and Bioengineering, HCI E127 8093 Zurich, Switzerland.*

⁵*Laboratory for Catalysis and Sustainable Chemistry (LSK) Swiss Light Source, Paul Scherrer Institute, Villigen, Switzerland.*

Hydride formation in palladium nanoparticles was studied by Pd K-edge X-ray absorption spectroscopy in both the near-edge (XANES) and the extended (EXAFS) regions and by X-ray diffraction (XRD) both in situ as a function of temperature and hydrogen pressure. In contrast to EXAFS and XRD, which probe Pd-Pd interatomic distance changes, the direct effect of hydrogen concentration on the electronic palladium structure is observed in the intensities and the peak positions in the XANES region. By using theoretical simulations, we propose a simple analysis of hydrogen concentration based on the changes of relative peak amplitudes in the XANES region, which correlate with interatomic distance changes determined by both EXAFS and XRD. By the quantitative analysis of XANES difference spectra we have developed a scheme to determine the hydrogen concentration in palladium nanoparticles without applying any additional calibration procedures with alternative experimental techniques.



Reference:

1. Aram L. Bugaev, Vasilij V. Srabionyan, Alexander V. Soldatov, Lusegen A. Bugaev, and Jeroen A. van Bokhoven. The Role of Hydrogen in Formation of Pd XANES in Pd-Nanoparticles. *Journal of Physics: Conference Series*, 430 (1), 012028. DOI: 10.1088/1742-6596/430/1/012028
2. Aram L. Bugaev, Alexander A. Guda, Kirill A. Lomachenko, Vasilij V. Srabionyan, Lusegen A. Bugaev, Alexander V. Soldatov, Carlo Lamberti, Vladimir P. Dmitriev, Jeroen Anton van Bokhoven. Temperature-and Pressure-Dependent Hydrogen Concentration in Supported PdHx Nanoparticles by Pd K-edge X-ray Absorption Spectroscopy. *The Journal of Physical Chemistry C* (2014) DOI: 10.1021/jp500734p

Aram L. Bugaev
 Department of Physics,
 Southern Federal University
 344090, Rostov-on-Don, Zorge Street, 5
 E-mail: arambugaev@gmail.com, Тел.: (863) 219-87-75.

СТРОЕНИЕ НАНЕСЕННЫХ Pd-Ag СТЕКЛОТКАННЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ, СИНТЕЗИРОВАННЫХ МЕТОДОМ СВС, ПО ДАННЫМ ASS, XF, ESXA И EXAFS.

А.И. Низовский¹, А.В. Калинин¹, Д.И. Кочубей¹, Ю.С. Котолевич^{2,4}, Н.Е. Богданчикова⁴, М.Ю. Смирнов¹, П.Г. Цырульников², М.В. Тренихин², Н.И. Петрова³, В.Б. Гончаров¹.

- 1) *Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, Новосибирск*
 GVB@catalysis.ru
- 2) *Институт проблем переработки углеводородов СО РАН, Омск*
- 3) *Институт неорганической химии СО РАН, Новосибирск*
- 4) *Centro de Nanociencias y Nanotecnologia (CNN), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), 22860 Ensenada, México*

В настоящее время проводится интенсивный поиск новых методов приготовления катализаторов, включающих, как новые способы формирования активного компонента, так и использование новых современных носителей. Нанесенные палладиевые катализаторы широко используются в химической промышленности для гидрирования углеводородов. Селективное гидрирование ацетилена сырых крекерных газов является важным

промышленным процессом для очистки этилена. Ацетилен также является ядом для катализаторов производства полиэтилена. Селективность этого процесса очень важна. Даже небольшое увеличение селективности существенно улучшает экономику процесса. Экспериментально обнаружено, что Pd- катализаторы промотированные металлами IV группы, показывают увеличение селективности гидрирования ацетилена в этилен. В данной работе предпринята попытка синтеза Pd-Ag катализаторов разного состава методом твердофазного горения, используя стеклоткань в качестве носителя. Катализаторы готовились пропиткой стеклоткани раствором AgNO_3 и $\text{Pd}(\text{NO}_3)_2$, сушкой, последующей пропиткой раствором топливной добавки (D-глюкозы), сушкой и кратковременном тепловом воздействии на носитель с нанесёнными предшественниками активных компонентов при перемещении образца через узкую высокотемпературную область. Температура синтеза составляла 470 – 510 °С. Элементный объемный состав катализаторов был исследован рентгеноспектральным флуоресцентным методом, а также, атомно абсорбционной спектроскопией. Зарядовое состояние и элементный состав поверхности проводился на рентгеновском фотоэлектронном спектрометре SPECS, использовали монохроматическое рентгеновское излучение линии алюминия AlK α ($h\nu=1486.6$ эВ). Элементный объемный и поверхностный анализы показывают обогащение поверхности частиц Ag. EXAFS-спектры К-краев поглощения Pd и Ag регистрировали на EXAFS-спектрометре Сибирского центра синхротронного излучения (СЦСИ, Новосибирск, Россия) по методике на пропускание и выходу флуоресценции при энергии электронов 2 ГэВ и среднем токе в накопителе во время измерения 70 мА. По данным EXAFS, для восстановленных в водороде образцов имеет место образование сплава Pd-Ag. Установлено, что селективность в реакции гидрирования ацетилен-этиленовых смесей выше для нанесенных на стеклоткань Pd-Ag сплавов, чем для монометаллического Pd образца. Из данных EXAFS и РФЭС предложена структура частиц сплава, оценен состав. Предполагается, что более высокая селективность сплавов Pd-Ag связана с уменьшением числа адсорбционных мест, доступных для мультиплетной адсорбции этилена.

Работа выполнена на оборудовании СЦСИ, Новосибирск, Россия, приобретенном при финансовой поддержке Министерства просвещения и науки Российской Федерации, а также при поддержке Российского Фонда Фундаментальных Исследований, грант № 10-03-00451-а.

ХАРАКТЕРИСТИКА *d* и *f* СОСТОЯНИЙ В ИНТЕРМЕТАЛЛИДАХ $\text{GdNi}_{5-x}\text{Cu}_x$ МЕТОДОМ РЕЗОНАНСНОЙ ФОТОЭМИССИИ.

В.И. Гребенников^{1,2}, Т.В. Кузнецова¹, А.Г. Кучин¹

¹ *Институт физики металлов УрО РАН, Екатеринбург.*

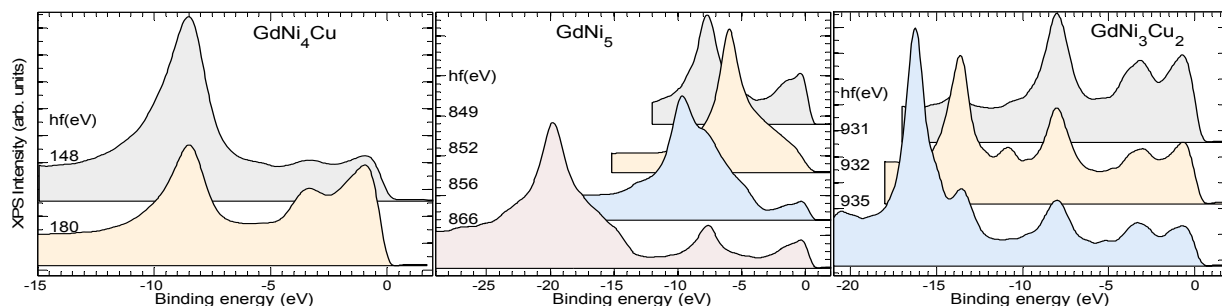
² *Уральский федеральный университет, Екатеринбург.*

Гексагональные соединения RNi_5 обладают способностью поглощать и хранить атомы водорода. Они обнаруживают разнообразие электронных и магнитных свойств. В докладе приводятся результаты исследования взаимодействия *f* и *d* элементов и его влияния на формирование электронной структуры интерметаллидов $\text{GdNi}_{5-x}\text{Cu}_x$ ($x=0,1,2$). Фотоэмиссионные эксперименты с резонансным возбуждением выполнены в российской-немецкой лаборатории на синхротроне BESSY-II.

На рисунке показано изменение формы рентгеновских фотоэмиссионных спектров (XPS), полученных с энергиями фотонов ниже и выше порога возбуждения внутренних уровней компонентов: Gd 4d (в соединении GdNi_4Cu с энергиями фотонов hf 148 и 180 эВ), Ni 2p (в GdNi_5) и Cu 2p (в GdNi_3Cu_2). При достижении порога возбуждения внутреннего уровня открывается дополнительный канал электронной эмиссии, связанный с заполнением образовавшейся дырки валентным электроном и выбросом второго электрона

из образца. Складываясь с прямой фотоэмиссией из валентной полосы, это канал увеличивает выход фотоэлектронов из возбужденного атома, явно указывая на энергетическое положение его состояний. На рисунке $GdNi_4Cu$ видно, что на пороге возбуждения Gd 4d уровня 148 эВ в спектре валентной полосы усиливается пик с энергией связи 8 эВ, значит он сформирован состояниями гадолиния. Пик 1 эВ происходит от никеля, а пик 3 эВ обусловлен вкладом меди (он отсутствует на нерезонансных спектрах в $GdNi_5$ и усиливается в соединении $GdNi_3Cu_2$). Еще больше (в 70 раз, нет рисунка) возрастает интенсивность 8 эВ пика на Gd 3d пороге возбуждения ($hf=1184$ эВ). Таким образом, на РЗ атоме незаполненные 4f состояния образуют ловушку для возбужденного электрона, которую он покидает посредством обратного перехода на исходный уровень с одновременный выбросом валентного электрона из РЗ атома, который фиксируется детектором как фотоэлектрон. Совсем иначе ведут себя возбужденные состояния переходных атомов. Здесь нет ловушки, возбужденный электрон покидает родительский атом, и основная дырка эволюционирует путем оже распада. На атомах никеля ($GdNi_5$) и меди ($GdNi_3Cu_2$) видны оже линии, но форма их разная, на что имеются определенные причины.

Итак, резонансная фотоэмиссия дает детальную информацию об электронной структуре и механизмах ее формирования в трехкомпонентных соединениях.



Работа поддержана РФФИ (14-02-00080, 13-02-96046-урал) и УрО РАН 12-У-2-1002.

Гребенников Владимир Иосифович,
620990, Екатеринбург, Ковалевской, 18;
E-mail: greben@imp.uran.ru, Тел.: (343) 378-37-99.

ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ И РЕНТГЕНОВСКАЯ ФЛУОРЕСЦЕНЦИЯ КОМПЛЕКСНЫХ ОКСИДОВ ПРИ СЕЛЕКТИВНОМ ФОТОННОМ ВОЗБУЖДЕНИИ.

В.Ю. Иванов¹, Э.И. Зинин², В.А. Пустоваров¹

¹⁾ Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина,
ул. Мира 19, 620002, Екатеринбург, Россия.

²⁾ ИЯФ СО РАН, проспект Лаврентьева 11, 630090, Новосибирск, Россия.

Поглощение фотонов высокой энергии в конденсированных средах сопровождается диссипацией их энергии по нескольким конкурирующим каналам. Сравнительные экспериментальные исследования таких каналов позволяют получить новое синергетическое понимание фундаментальных процессов эволюции вторичных электронных возбуждений (ЭВ). В настоящей работе природа вторичных ЭВ в многокомпонентных оксидах Al_2BeO_4 , Be_2SiO_4 , $Al_3Be_2Si_6O_{18}$ исследуется путем сравнительного анализа двух каналов диссипации энергии фотонов ультрамягкого рентгеновского диапазона (50-150 эВ) - фотолюминесценции видимого и/или УФ-диапазонов и рентгеновской флуоресценции.

Подобный подход был впервые применен к анализу вторичных ЭВ в оксиде бериллия. В спектрах «горячей» рентгеновской флуоресценции при возбуждении в области К-края поглощения Be был зарегистрирован эффект неупругого рассеяния возбуждающих фотонов [1]. Эффект был интерпретирован как релаксация катионных экситонов вследствие сопоставимой по времени быстрой релаксации решетки. Было установлено, что потери энергии при релаксации катионных экситонов в рентгеновской области практически совпадают с потерями энергии при релаксации первичных ЭВ, созданных вблизи края фундаментального поглощения - анионных экситонов [2]. Позже в [3] было показано, что для многокомпонентных кристаллов релаксация катионных и анионных экситонов осуществляется в одних и тех же локальных фрагментах решетки. Таким образом, метод может быть применен для выявления таких структурных фрагментов релаксации решетки.

Эксперименты выполнены на станции Supelumi и канале BW3 (HASYLAB, DESY, Hamburg), а также на канале I511-3 (MAX Lab, Lund, Sweden) и, частично, на канале №6 накопителя ВЭПП-3 в Сибирском центре синхротронного и терагерцового излучения.

Работа выполнена частично в рамках базовой части госзадания Минобрнауки РФ.

Литература:

- [1] V. Pustovarov, V. Ivanov, M. Kirm et al., NIM A575 (2007) 172.
- [2] В.А. Пустоваров, В.Ю. Иванов, М. Кирм и др., Физика твердого тела 43 (2001) 1189.
- [3] V. Ivanov, A. Kikas, T. Kaambre et al., IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 15 (2010) Art. No. 012088.

Иванов Владимир Юрьевич

620002, Екатеринбург, УрФУ, кафедра экспериментальной физики

E-mail: v.ivanov@urfu.ru, тел. +7(343)3754711, +7(343)3744391

ВЛИЯНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ИМПУЛЬСНОГО ИОННОГО ПУЧКА НА ЭЛЕКТРОННУЮ СТРУКТУРУ СЛОЕВ ОРИЕНТИРОВАННЫХ МУНТ.

Корусенко П.М.¹, Болотов В.В.¹, Несов С.Н.¹
¹ Омский научный центр СО РАН, Омск.

Сочетание уникальных физико-химических свойств углеродных нанотрубок (большая удельная поверхность, низкая плотность, высокая стабильность, прочность, сорбционные характеристики, диапазон изменения электронных свойств) и перспективность для практического применения определило высокий интерес к ним исследователей. При этом находят применение как индивидуальные УНТ, так и массивы УНТ на различных подложках. Среди распространённых способов массового получения многостенных УНТ (МУНТ) особое внимание уделяется методу CVD (Chemical Vapor Deposition) из-за простоты синтеза, высокой производительности процесса и дешевизны. Однако формируемые слои УНТ зачастую не обладают требуемым набором физико-химических свойств и в большинстве случаев требуется их модифицировать для придания необходимых характеристик. Одним из перспективных методов физического модифицирования слоев МУНТ является применение импульсных ионных пучков.

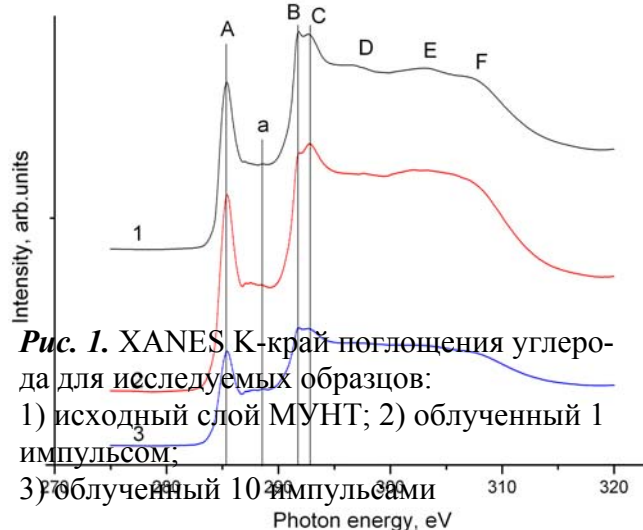


Рис. 1. XANES К-края поглощения углерода для исследуемых образцов:
 1) исходный слой МУНТ; 2) облученный 1 импульсом;
 3) облученный 10 импульсами

Данное воздействие способно за счет неравновесных термомеханических процессов, протекающих за короткий промежуток времени, высоких градиентов температуры и давления, изменять морфологию, электронную структуру, а также формировать новые фазовые состояния в материале [1].

Облучение слоев ориентированных МУНТ проводилось импульсным ионным пучком в Томском Политехническом Университете со следующими параметрами: состав пучка H^{+} – 15%, C^{+} – 85%, энергия 300 кэВ, длительности импульса 80 нс, плотность тока ~ 20 А/см², количество импульсов от 1 до 10. Исследование трансформации электронной структуры анализируемых образцов осуществлялось с применением поверхностно чувствительных методов XPS и XANES реализованных на станции RGL Российско-Германского канала синхротронного излучения электронного накопителя BESSY II (г. Берлин, Германия).

Анализ валентной зоны методом XPS, а также данные, полученные из XANES спектра К-края поглощения углерода, свидетельствует о ряде изменений после облучения импульсным ионным пучком. XPS спектроскопия валентных состояний показала, что при однократном облучении исходного слоя МУНТ, $2p_{\sigma}$ и $2p_{\sigma+\pi}$ состояния, ответственные за характер гибридизации атомов углерода остаются без изменений. Однако в области энергий связи от уровня Ферми до 4 эВ фиксируется увеличение интенсивности $2p_{\pi}$ электронов. Данное увеличение связано с частичным удалением слоя турбостратного и аморфного углерода, и возрастанием вследствие этого открытых графеновых поверхностей МУНТ с высокой плотностью делокализованных $2p_{\pi}$ электронов от атомов углерода. Зафиксированное увеличение общей интенсивности XANES спектра углерода также подтверждает наблюдаемое изменение в валентной зоне слоя МУНТ после однократного воздействия импульсным пучком. Наиболее существенные изменения наблюдаются за краем поглощения углерода, особенности E и F (рис.1) объединяются, что характерно для атомов углерода, находящихся в sp^3 состоянии.

Десятикратное воздействие импульсным ионным пучком приводит к снижению плотности электронных $C2p_{\pi}$ состояний относительно однократно облученного образца в диапазоне от 4 до 0 эВ и увеличению плотности электронов в $C2p_{\sigma}$. Это очевидно связано с дальнейшей трансформацией поверхностных слоев МУНТ. При этом происходит формирование новых структурных образований углерода, увеличивающих долю sp^3 гибридизированных атомов углерода. Данные образования представляют собой плотно свернутые в рулоны графеновые слои (onion-like структуры) с характерным размером ~ 5 нм и тонкие нанотрубки с диаметром < 10 нм. Внутри onion-like образований в ряде случаев были обнаружены упорядоченные структуры nanoалмаза. Зарождение и рост кристаллов происходит в центре сферического ониона, который является, по-видимому, промежуточным состоянием при переходе от УНТ к nanoалмазу. В ряде случаев процесс формирования nanoалмаза в онионных структурах не начался, и они сохраняют свою структуру. Можно предположить, что луковично-подобные структуры формируются вследствие термомеханических напряжений, обусловленных высокими градиентами температуры и давления, сопровождающих импульсное ионное воздействие, путём сворачивания наружных слоёв МУНТ представленных преимущественно турбостратным углеродом.

Литература:

1. В.В. Болотов, П.М. Корусенко, С.Н. Несов, С.Н. Поворознюк // ФТТ. 2014. №4. С. 802-805.

Корусенко Петр Михайлович,
644024, Омск, проспект К.Маркса, 15;
E-mail: korusenko@obisp.oscsbras.ru, Тел.: (3812) 56-01-74.

X-RAY ABSORPTION NEAR-EDGE STRUCTURE SPECTROSCOPY FOR DIAGNOSTICS OF ATOMIC AND ELECTRONIC STRUCTURE OF GEOLOGICAL MATERIALS

A.N. Kravtsova¹, I.S. Rodina¹, A.V. Soldatov¹, A. Walker², A. Berry³

¹ *Physics Faculty, Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia*

² *School of Earth and Environment, University of Leeds, Leeds, UK*

³ *Research School of Earth Sciences, Australian National University, Canberra, Australia*

X-ray absorption near-edge structure (XANES) spectroscopy is an effective modern technique providing unique information on the 3D local atomic structure (bond lengths and bond angles) and the distribution of unoccupied electronic states near the bottom of the conduction band of different classes of compounds under study including geological materials. To obtain this information from XANES spectra, experimental XANES must be interpreted using theoretical analysis.

The investigation of atomic and electronic structure of some geological materials has been performed by the instrumentality of synchrotron-based XANES spectroscopy and computer modeling.

The theoretical analysis of the sulfur *K*- and *L*_{2,3}-XANES spectra of sulfides with NaCl-type structure (MgS, CaS, MnS) and NiAs-type structure (FeS, NiS, CoS) has been done. The local atomic structure of Mg_{1-x}Fe_xS solid solution has been investigated.

The local environment of such Ti-containing minerals as Ti-bearing forsterite and Ti-bearing zircon has been analyzed [1,2].

Ti-bearing hibonite is the mineral found in some calcium-aluminum-rich inclusions in chondritic meteorites [3]. XANES spectroscopy and computer modeling have been applied to study the local atomic geometry around titanium atoms in Ti-bearing hibonite. Several structural models of Ti environment in hibonite have been obtained using density functional theory. Theoretical Ti *K*-edge XANES spectra for structural models of Ti-bearing hibonite have been simulated on the basis of both full multiple scattering theory within the muffin-tin approximation for potential shape and full-potential finite difference method using FEFF9 and FDMNES program codes. The comparison of the theoretical spectra with the experimental XANES has been done and the probability of structural models has been discussed.

The work is supported by the grant of the Russian Foundation for Basic Research (RFBR 14-05-00580).

Literature

1. Tailby N.D., Walker A.M., Berry A.J., Hermann J. et al. // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 2011. V. 75. P. 905-921.
2. Rodina I.S., Kravtsova A.N., Soldatov A.V., Berry A.J. // *Optics and Spectroscopy* (English translation of *Optica i Spektroskopia*). 2011. V. 111. P. 936-939.
3. Berry A.J., Schofield P.F., Doyle P.M., Knight K.S. et al. // 75th Annual Meteoritical Society Meeting. Cairns, Australia. 2012. id.5275.

Dr. Antonina N. Kravtsova,
344090, Rostov-on-Don, Sorge str., 5;
E-mail: akravtsova@sfnedu.ru, Tel.: (863) 297-53-26.

XPS И XANES ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ СТРУКТУРЫ КОМПОЗИТОВ SNOX/МУНТ.

С.Н.Несов, В.В.Болотов, П.М.Корусенко.

В настоящей работе методами HRTEM, XPS и XANES исследовано взаимодействие слоя оксида олова с поверхностью МУНТ в композите SnOx/МУНТ, полученном методом магнетронного напыления. Проведен анализ изменения структуры и характера взаимодействия между компонентами композита в условиях вакуумного отжига при различных температурных режимах. Особенности электронной структуры поверхностных слоев композита исследовались методом XANES, с использованием российско-германского канала вывода и монохроматизации синхротронного излучения электронного накопителя BESSY II (Берлин) и измерительной станции RGL. Показано, что при формировании композита SnOx/MWCNT методом магнетронного напыления происходит ковалентная функционализация поверхности трубок с формированием химических связей на межфазной границе “оксидная пленка – поверхность МУНТ”. Взаимодействие оксидной пленки с поверхностью МУНТ реализуется с участием решеточного кислорода матрицы оксида олова через формирование Sn-O-C комплексов. Как показал анализ углеродных спектров XANES, а также XPS спектров валентных электронов отожженного в вакууме композита, увеличение доли ненасыщенных связей в оксиде олова при удалении кислорода из пленки, покрывающей трубки, не приводит к формированию химических связей в межфазной области композита, что подтверждает участие кислорода в ковалентной функционализации поверхности МУНТ при взаимодействии с оксидами олова. Работа выполнена при частичной поддержке гранта РФФИ №14-02-31649 мол_а.

ШУМОВАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ EXAFS СПЕКТРОВ ПРИ УСТАНОВЛЕНИИ ЗАРЯДОВОГО СОСТОЯНИЯ ЗОЛОТА В СУЛЬФИДНЫХ РУДАХ.

Паньков А.В.^{1,2}, Канажевский В.В.², Кочубей Д.И.²

¹ *Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия.*

² *Институт катализа СО РАН, Новосибирск, Россия.*

Исследование материалов с низкой концентрацией требует проведения систематических работ по увеличению чувствительности спектрометра. Одной из таких задач является исследование валентного состояния золота в сульфидных рудах. Такую информацию можно получить только методом EXAFS, но для этого требуется повысить чувствительность спектрометра. Необходимо получать достоверные данные о положении L_{III} края поглощения золота для образцов с содержанием исследуемого вещества в десятки ppm. Для определения путей улучшения чувствительности спектрометра были проведены исследования вклада шумов в полезный сигнал EXAFS от системы электропитания и от внешних наводок электромагнитных полей.

С использованием измерителя показателей качества электроэнергии UF2M была обнаружена корреляция между отклонениями от норм характеристик электропитания и шумами EXAFS спектров. Для избавления от этих шумов была установлена система двойного преобразования питающего напряжения. По результатам статистической обработки спектров полученных до и после модернизации системы электропитания было установлено, что среднеквадратичное отклонение рентгеновского поглощения уменьшились в среднем на 29%.

Было исследовано влияние электромагнитных наводок вблизи спектрометра на спектры EXAFS. Используя измеритель электромагнитных полей ПЗ-70/1, были установлены зоны с повышенной интенсивностью магнитных полей в рабочем объеме станции. Чувствительные к внешним электромагнитным полям элементы установки были дополни-

тельно экранированы. ФЭУ, регистрирующий рентгеновскую флюоресценцию образца, был помещен в кожух из пермаллоя. АЦП был перемещен в защитный толстостенный металлический бокс. Статистическая обработка спектров до и после введения дополнительной экранировки показали уменьшение среднеквадратичного отклонения рентгеновского поглощения в среднем на 27%.

Был записан ряд спектров EXAFS образцов сульфидных руд на основе пирита с различным содержанием золота – 50, 160, 390 и 20 000 ppm. Было обнаружено, что с уменьшением концентрации золота существенный вклад в области L_{III}-края поглощения золота вносит подлежащий K-край поглощения мышьяка, содержащегося в образцах. Если при концентрации 160 ppm край золота различим на фоне края мышьяка, то на спектре образца с 50 ppm край мышьяка преобладает. Ведутся поиски образцов без примесей мышьяка для дальнейшего исследования связанных форм золота в сульфидных рудах.

Кочубей Дмитрий Иванович,
630090, Новосибирск, проспект ак. Лаврентьева, 5;
E-mail: Kochubey@catalysis.ru, Тел.: (383) 330 97 69.

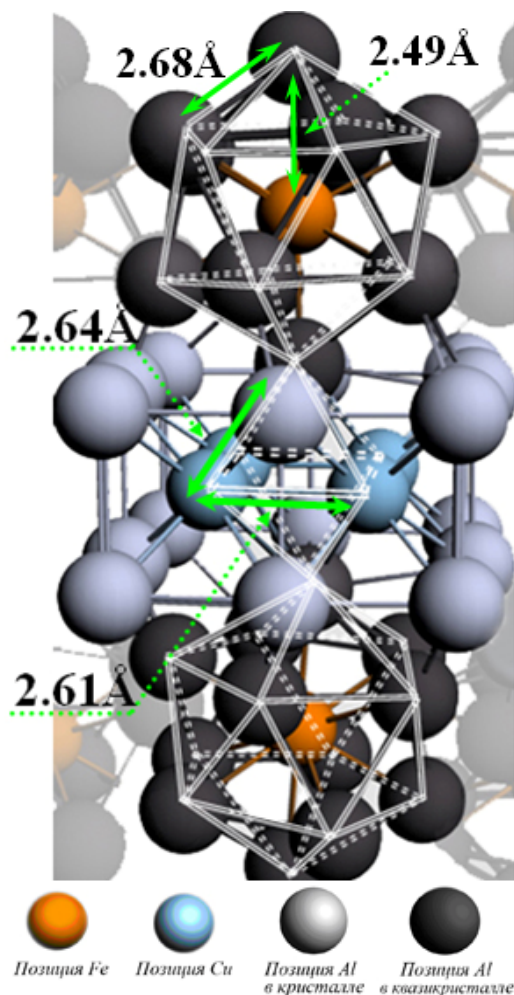
ФОРМИРОВАНИЕ ИКОСАЭДРИЧЕСКОЙ ФАЗЫ В КВАЗИКРИСТАЛЛЕ СИСТЕМЫ AL-CU-FE.

О.Е. Положенцев¹, М.А. Брылева¹, А.Н. Кравцова¹, В.К. Кочкина¹, Я.В. Зубавичус²,
А.В. Солдатов¹.

¹ Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону.

² РИЦ «Курчатовский институт», Москва.

В работе представлены результаты моделирования икосаэдрического окружения квазикристалла системы Al–Cu–Fe, исследован структурный переход кристалл – квазикристалл: из кристалла-прафазы Al₇₀Cu₂₀Fe₁₀ в квазикристалл Al₆₅Cu₂₂Fe₁₃. Исследование проводилось на основе анализа ближней тонкой структуры рентгеновских спектров поглощения (XANES) и компьютерного моделирования структуры квазикристалла и расчета спектров поглощения. Образцы системы Al–Cu–Fe были получены методом порошковой металлургии. На рисунке представлена модель ближайшего окружения атомов меди и железа в квазикристалле Al₆₅Cu₂₂Fe₁₃. На основе анализа XANES была изучена возможность формирования икосаэдрического окружения вокруг атомов железа, состоящее только из атомов алюминия, при этом атомы меди сохраняли свою геометрию, такую как в кристалле-прафазы. Определены длины и углы связи в квазикристалле системы Al–Cu–Fe. Исследована электронная структура квазикристалла, представлены расчеты полных и парциальных плотностей электронных состояний ниже и выше уровня Ферми для модели квазикри-



квазикристалла. Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РФФИ № 14-02-51514.

Положенцев Олег Евгеньевич,
344090, Ростов-на-Дону, улица Р. Зорге, 5;
Физический факультет, Южного федерального университета,
E-mail: olegpolozhentsev@mail.ru, Тел.: (863) 297-51-26.

ИССЛЕДОВАНИЕ МОЛЕКУЛЯРНОЙ И ЭЛЕКТРОННОЙ СТРУКТУРЫ КООРДИНАЦИОННЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПЛАТИНЫ ПО ДАННЫМ СПЕКТРОСКОПИИ РЕНТГЕНОВСКОГО ПОГЛОЩЕНИЯ И DFT РАСЧЕТОВ.

О.Е. Положенцев¹, В.К. Кочкина¹, В.Л. Мазалова¹, А.Л. Бугаев¹, А.В. Солдатов¹

¹ Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону.

Данная работа посвящена исследованию локальной атомной и электронной структуры биологически активных противоопухолевых препаратов платины(II): цисплатин - $PtCl_2(NH_3)_2$, карбоплатин - $PtC_6H_{12}N_2O_4$, оксалиплатин - $PtC_8H_{14}N_2O_4$ в процессе гидратации и связывании с азотистыми основаниями ДНК. Противоопухолевый эффект препаратов платины основывается на их взаимодействии с азотистыми основаниями ДНК поврежденной клетки, образуя внутри- и межспиральные сшивки, блокируя синтез ДНК и ее последующую репликацию.

На основе теории функционала плотности (DFT) исследована молекулярная и электронная структура соединений платины, проведено моделирование взаимодействия соединений платины с органическими производными аминогруппы и азотистыми основаниями ДНК. Определены геометрические параметры вблизи активного центра соединений - длины связей, валентные углы. Представлено строение электронных уровней, энергетическое положение уровней занятых и свободных молекулярных орбиталей (МО), распределение полных и парциальных плотностей электронных состояний (DOS) в области энергий верхних занятых и нижних свободных МО, рассчитаны колебательные спектры соединений. Результаты теоретических расчетов подтверждены экспериментальными исследованиями на основе спектроскопии рентгеновского поглощения за Pt L_3 -краем (КМС-2, BESSY II HZB, Берлин, Германия), инфракрасной (лаб. ИК Фурье спектрометр ФСМ 1202) и ультрафиолетовой (лаб. спектрофотометр UV-2600, Shimadzu) спектроскопий.

Исследование механизмов связывания платиновых препаратов с ДНК поврежденной клетки является важным для понимания их противоопухолевого действия и дальнейшего развития новых противоопухолевых систем.

Положенцев Олег Евгеньевич,
344090, Ростов-на-Дону, улица Р. Зорге, 5;
Физический факультет, Южного федерального университета,
E-mail: olegplozhentsev@mail.ru, Тел.: (863) 297-51-26.

ОПТИЧЕСКАЯ И ЛЮМИНЕСЦЕНТНАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫХ КРИСТАЛЛОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

В.А. Пустоваров

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина
620002, Екатеринбург, ул. Мира, 19.

Анализ общего тренда в применении сцинтилляционных материалов показывает, что после 2005-2008 годов их основное потребление приходится на медицинскую диагностику и, преимущественно, на системы безопасности. Для систем радиационного контроля, радиационной и ядерной безопасности актуальным является применение сцинтилляционных детекторов, работающих в спектрометрическом режиме с высоким энергетическим разрешением. Такие детекторы основаны на применении кристаллов $LaBr_3:Ce$, $SrJ_2:Eu$, $La_2Be_2O_5:Ce$. Эти кристаллы характеризуются высоким световыходом, малым временем затухания сцинтилляционного импульса, высоким энергетическим разрешением

(на уровне < 3% при энергии 0.661 МэВ), стабильностью параметров в широком диапазоне температур [1,2].

В настоящей работе исследованы указанные выше монокристаллы оптического качества российского производства, выращенные в ООО «Старк» (Обнинск) [3,4] и в Институте геологии и минералогии СО РАН [5,6].

Время-разрешенные спектры фотолюминесценции (ФЛ) в области 250-800 нм, время-разрешенные спектры возбуждения ФЛ в UV-VUV области (3.4-32 эВ) и ультрамягкой рентгеновской области (50-280 и 500-620 эВ), а также кинетика затухания ФЛ были исследованы при T=295 и 7.5 К при селективном возбуждении СИ. Эксперименты выполнены на станции SUPERLUMI (UV-VUV область) и на канале BW3 (XUV область) в лаборатории HASYLAB (DESY, Hamburg). Обнаружена значительная непропорциональность выхода ФЛ с ростом энергии возбуждения и изменение кинетики затухания ФЛ в области порогов фотоионизации кристаллообразующих атомов и, особенно в области гигантского резонанса (110-150 эВ).

Работа поддержана HASYLAB (DESY, проект I-20110843) и Министерством образования и науки Российской Федерации (базовая часть государственного задания).

Литература:

- [1] <http://www.detectors.saint-gobain.com/Brilliance380.aspx>
- [2] E.V.D. van Loef, P. Dorenbos, C.W.E van Eijk et al., Appl. Phys. Lett. 79 (2001) 1573.
- [3] Д.И. Выпринцев, Патент РФ № 2426694, приоритет от 15.02.2010.
- [4] В.А. Пустоваров, А.Н. Разумов, Д.И. Выпринцев, ФТТ 56, 2 (2014) 343-348.
- [5] V.A. Pustovarov, I.N. Ogorodnikov, A.A. Goloshumova, L.I. Isaenko, A.P. Yelisseyev, Optical materials 34, 5 (2012) 926–930.
- [6] E.G. Tsvetkov, G.M. Rylov, V.N. Matrosov, Materials Res. Bulletin 41 (2006) 307–318.

Пустоваров Владимир Алексеевич,
620002, Екатеринбург, УрФУ, кафедра экспериментальной физики.
E-mail: vpustovarov@bk.ru, Тел. +7(343)375-47-11.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАНСФОРМАЦИИ СТРУКТУРЫ CoMo и CoMoNi ЦИТРАТНЫХ КОМПЛЕКСОВ В ПРОЦЕССЕ ПРИГОТОВЛЕНИЯ КАТАЛИЗАТОРОВ ГИДРОПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ МЕТОДОМ EXAFS

В.С. Семейкина^{1,2}, В.В. Канажевский^{1,2}, Е.В. Пархомчук^{1,2}

¹Новосибирский Государственный Университет.

²Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, Новосибирск.

Использование комплексных предшественников Mo, Co и Ni в приготовлении каталитически активного компонента катализаторов гидропереработки нефти в последнее время получает все большее развитие благодаря повышенной каталитической активности подобных систем. Считается, что введение органических комплексообразователей (цитраты, ацетаты, ЭДТА) приводит к меньшему взаимодействию соединений вышеупомянутых металлов с поверхностью носителя и, в конечном итоге, способствует формированию желаемой структуры активного компонента – дисперсной фазы MoS₂, промотированной сульфидами Co и/или Ni.

Однако исследование превращений комплексных соединений в процессе приготовления катализатора, а именно: нанесения на носитель (чаще всего на Al₂O₃), прокаливания и сульфидирования, - до сих пор представляется сложной задачей. В данной работе мето-

дом EXAFS спектроскопии на базе EXAFS-станции Сибирского центра синхротронного и терагерцового излучения были изучены превращения CoMo и CoMoNi цитратных комплексов в процессе приготовления и испытания катализаторов гидропереработки тяжелой нефти. В качестве носителей катализаторов использовали оксид алюминия и природный материал сепиолит, состоящий из оксидов и силикатов Ca и Mg. Интерес в испытаниях катализаторов гидропереработки нефти с использованием последнего носителя обусловлен основными свойствами его поверхности, препятствующими коксованию и дезактивации катализатора.

Спектры EXAFS К-краев поглощения молибдена, никеля и кобальта были записаны по стандартной методике [1] в режиме на пропускание с шагом 2.0 эВ и величине скачка на К-крае поглощения исследуемого химического элемента $\Delta\mu_x \approx 0.8$. Осциллирующая часть $\chi(k)$ спектра EXAFS была проанализирована как $k^3\chi(k)$ для краев поглощения Ni и Co в пределах волновых чисел $k = 3-12 \text{ \AA}^{-1}$, для Mo – в пределах $k = 3-14 \text{ \AA}^{-1}$. Кривые радиального распределения атомов (РРА) построены без применения Фурье-фильтрации.

Полученные результаты согласуются с литературными данными [2] касательно формирования внутренней координационной сферы состава $[(\text{MoO}_2)_4\text{O}_3(\text{HCit})_2]$, где HCit^{2-} – запротонированный цитрат-ион. Добавление солей Co^{2+} несколько меняет картину РРА Mo, что может свидетельствовать в пользу образования совместного CoMo комплекса, однако введение избытка комплексообразователей (ацетат-ионов) в случае CoMoNi комплекса, по-видимому приводит к образованию в растворе отдельных соединений Mo, Co и Ni, а также меняет характер связывания цитратных лигандов за счет смещения кислотно-основного равновесия раствора в сторону больших pH (Рисунок 1, а).

Нанесение комплексов на оксид алюминия ведет к появлению на кривых РРА Co и Ni сигналов, относящихся к связям с решеточными кислородами Al_2O_3 , относительная интенсивность которых увеличивается в процессе прокалики катализатора при 200 °С. Характерно, что в случае CoMo комплекса данная тенденция наблюдается в большей степени, что, возможно, говорит о некотором разрушении биметаллического комплекса в условиях недостатка органических лигандов и вхождению Co в решетку Al_2O_3 . Окружение Mo при нанесении претерпевает небольшой сдвиг в сторону меньших длин связей для CoMo и в сторону больших связей для CoMoNi комплекса. Примечательно, что в последнем случае наблюдается существенное изменение структуры второй координационной сферы, которое, однако, нивелируется при длительной термообработке.

На кривых РРА Mo для образца катализатора, сульфидированного в токе $\text{H}_2\text{S}/\text{He}$ при 350 °С, помимо основного интенсивного пика при 2,3 Å (связь Mo-S в MoS_2) присутствует небольшое плечо, относящееся к связи с кислородом носителя, которое после каталитических испытаний на реальном сырье трансформируется в отдельный пик и несколько возрастает в интенсивности (Рисунок 1, б). По всей вероятности, под воздействием высоких температур (350-450 °С) некоторая часть активного компонента неизбежно переходит в решетку носителя с образованием каталитически неактивных фаз – предположительно CoMoO_4 , CoAl_2O_4 и NiAl_2O_4 , однако введение органических комплексообразовате-

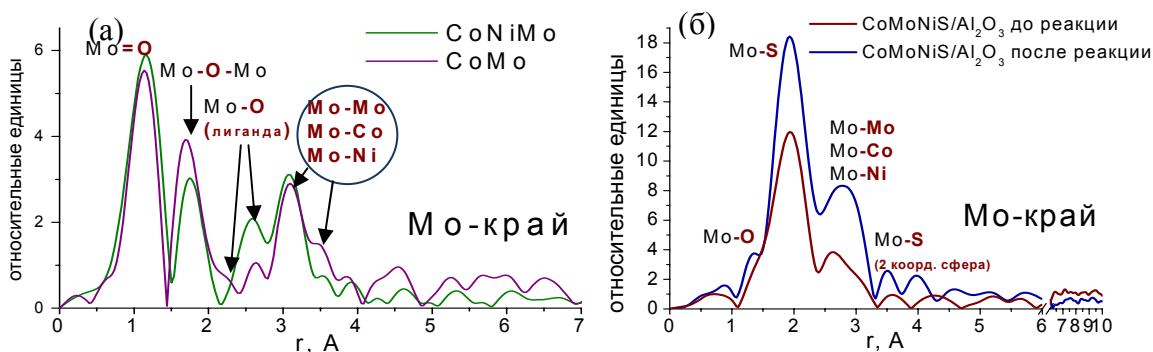


Рисунок 1. Кривые РРА Mo (а) растворов CoMo и CoMoNi комплексов и (б) сульфидированных $\text{CoMoNiS}/\text{Al}_2\text{O}_3$ катализаторов до и после переработки нефти.

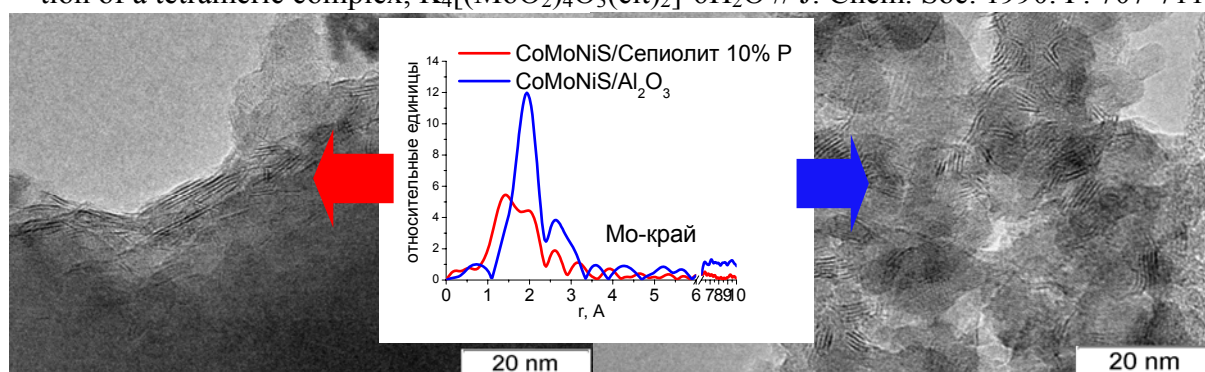
лей позволяет в значительной мере предотвратить этот процесс.

Сравнение кривых РРА Мо для сульфидированных катализаторов CoMoNiS/Al₂O₃ и CoMoNiS/Сепиолит до реакции однозначно свидетельствуют в пользу низкой степени сульфидирования последнего образца (Рисунок 2). Снимки просвечивающей электронной микроскопии подтверждают данную гипотезу: для CoMoNiS/Al₂O₃ активный компонент – прожилки сульфидов Мо, Со и Ni с межплоскостным расстоянием 6,2 Å - равномерно распределен по поверхности носителя и имеет высокую степень укладки (3-8 слоев), в то время как на образце CoMoNiS/Сепиолит картина распределения неоднородная и степень укладки слоев невысока (1-4 слоя), что говорит о более сильном взаимодействии активного компонента с некоторыми фазами данного носителя.

Рисунок 1. Снимок ПЭМ CoMoNiS/Al₂O₃ (справа) и CoMoNiS/Сепиолит (слева) после реакции гидропереработки тяжелой татарской нефти.

Литература:

1. Кочубей Д.И. EXAFS спектроскопия катализаторов. // Новосибирск. Наука. 1992. С.94-116.
2. Alcock N. et al. Complexation between molybdenum(VI) and citrate: structural characterisation of a tetrameric complex, K₄[(MoO₂)₄O₃(cit)₂]•6H₂O // J. Chem. Soc. 1990. P. 707-711.



Семейкина Виктория Сергеевна,
E-mail: viktoriyasemeykina@ngs.ru.

ИССЛЕДОВАНИЕ Pd/СИБУНИТ И Pd-Ga/СИБУНИТ КАТАЛИЗАТОРОВ ЖИДКОФАЗНОГО ГИДРИРОВАНИЯ АЦЕТИЛЕНА МЕТОДОМ EXAFS

Н. С. Смирнова¹, Д.А. Шляпин¹, Е.А. Аношкина¹, Н. Б. Шитова¹,
Д. И. Кочубей², П. Г. Цырульников¹.

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем переработки углеводородов Сибирского отделения Российской академии наук, г. Омск;

² Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт катализа им. Г. К. Борескова Сибирского отделения Российской академии наук, г.Новосибирск.

Жидкофазное каталитическое гидрирование ацетилена, полученного окислительным пиролизом метана, в этилен - основная стадия технологии переработки природного газа, разрабатываемой фирмой Synfuels Int. Inc. [1]. В качестве катализаторов используют нанесенный палладий, модифицированный галлием или индием [2]. Природа взаимодействия палладия и модификатора в данных системах исследована недостаточно.

Целью данной работы являлось исследование структуры и каталитических свойств нанесенных на Сибунит модифицированных галлием палладиевых катализаторов жидко-

фазного гидрирования ацетилен, приготовленных пропиткой спиртовыми растворами предшественников. Выбор графитоподобного углеродного носителя Сибунита в качестве носителя был обусловлен практически полным отсутствием по сравнению с оксидом алюминия сильных Льюисовских кислотных центров, способствующих увеличению скорости образования олигомеров.

Серия катализаторов с мольным соотношением Pd-Ga 1: 0.1; 1: 0.25; 1:0.5; 1:1; 1: 2; 1:4 была испытана в реакции жидкофазного гидрирования ацетилен. В качестве образца сравнения использовали катализатор Pd/Сибунит, не содержащий галлия. Физико-химические исследования частично выполнены на приборной базе Омского регионального ЦКП СО РАН (Омск). EXAFS-спектры К-края поглощения палладия снимали на станции EXAFS-спектроскопии Сибирского центра СИ (ИЯФ СО РАН, г. Новосибирск).

Согласно данным спектроскопии EXAFS, в модифицированных галлием катализаторах активный компонент присутствует в виде нестехиометрического палладий-галлиевого твердого раствора, что обеспечивает более высокие значения активности катализаторов и их селективности по этилену. Определяющую роль оказывает соотношение количеств наносимых компонентов. Введение больших количеств Ga (мольное отношение Pd:Ga > 1:0.5) приводит к снижению активности образцов за счет блокирования поверхности биметаллических частиц избытком оксида галлия.

Литература:

1. M. Johnson, E. Peterson, S. Gattis. U.S. Patent № 20070021638 A1, 2007.
2. M. Johnson, E. Peterson, S. Gattis. U.S. Patent № US2011/0217781A1, 2011.

Смирнова Надежда Сергеевна,
644040, г. Омск, ул. Нефтезаводская, 54
E-mail: everinflame@gmail.com, Тел. +7 (3812) 67-22-75.

THE X-RAY INVESTIGATION OF NEW NANOSTRUCTURED MATERIALS FOR RENEWABLE ELECTRIC CURRENT SOURCES.

G.B. Sukharina¹, O.E. Polozhentsev¹, A.A. Guda¹, A.L. Bugaev¹, V.V. Shapovalov¹, A. Pohl²,
A.V. Soldatov¹.

¹ *Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia.*

² *Institute of nanotechnology, Karlsruhe, Germany.*

Nowadays the investigation of the structure of new nanostructured materials is very important task necessary for creation of modern electronic devices. In this work we studied dynamics of parameters of local atomic structure of materials based on V₂O₅/Fe nanocomposite for lithium ion batteries in the process of charge-discharge cycles. Lithium ion batteries have better capacity and power characteristics in comparison with other analogs but they have drawbacks such as possibility degradation of materials and spontaneous combustion at high loads [1].

The study of this novel nanocomposite was carried out using effective experimental and theoretical methods: X-ray spectroscopy near edge structure (XANES), X-ray diffraction (XRD) and multiscale computing modeling on supercomputers.

The theoretical analyses of experimental data was made on the basis of both full multiple scattering theory and finite difference methods realized in advanced computer codes for “ab initio” simulations [2,3,4].

By means of comprehensive theoretical analysis of experimental data fundamental relationships between local atomic and electronic structures of this materials were determined.

We found that in result of first charge-discharge cycle, fluoride iron(II) is formed. Lithium ion intercalate in V2O5 compound with formation of LiVO2 compound.

The research is supported by Russian Federal Programme "Human capital" 2012-2013.

Bibliography:

1. D. Aurbach // Journal of Power Sources. 2005. 146. PP. 71-78.
2. G. Smolentsev, A. Soldatov // Comp. Mat. Science .2007. 39.PP. 569-574.
3. A.L. Ankudinov, C.E. Bouldin, J.J. Rehr // Phys.Rev.B. 2002.65(10). PP. 1041071.
4. Y. Joly //Phys.Rev. B.2001. 63. PP. 125120.

Galina Borisovna Sukharina,
Sorge, 5, Rostov-on_Don, 344000, Russia;
E-mail: sukharina@mail.ru, Тел.: (863) 297-53-26.

ПРИМЕНЕНИЕ СИНХРОТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ К ИССЛЕДОВАНИЮ СТРУКТУРЫ ОБЪЕМА И ПОВЕРХНОСТИ МАГНИТНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ СВЧ-КОМПОЗИТОВ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕХАНОИЗМЕЛЬЧЕНИЕМ В ОРГАНИЧЕСКИХ СРЕДАХ.

Маратканова А.Н., Сюгаев А.В., Ломаева С.Ф.

Магнетодиэлектрические композиты, представляющие собой дисперсные металлические частицы в диэлектрической матрице, используют в качестве СВЧ-материалов. Одним из наиболее успешных способов получения магнитных наполнителей является механическое измельчение металлического порошка в органических средах, что позволяет химически модифицировать поверхность частиц. Добавки поверхностно-активных веществ способствуют формированию частиц пластинчатой формы, что положительно влияет на СВЧ-свойства. Поскольку механохимическая обработка сопровождается интенсивным разложением органической среды, меняются также и структурно-фазовые характеристики получаемых частиц. В работе исследованы особенности структуры объема и поверхности частиц, формирующихся при механохимической обработке железа в органических средах (парафин, полиэтилен, полистирол, каучуки) с добавками различных поверхностно-активных веществ (стеариновая кислота, перфторнонановая кислота, октадециламин, а также их смеси). Исследования выполнены методами NEXAFS (Fe K, C K, F K края) и EXAFS спектроскопии за Fe K краем в режимах на пропускание (объем) и полного электронного выхода (поверхность). Спектры получены на Российско-немецком канале синхротрона BESSY II, HZB (Берлин) и A1 канале синхротрона DESY (Гамбург). Работа поддержана грантами РФФИ № 13-03-96096p_урал, 13-08-00103.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛЕНОК ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ НА МЕХАНОИЗМЕЛЬЧЕННЫХ ПОРОШКАХ ЖЕЛЕЗА МЕТОДОМ NEXAFS СПЕКТРОСКОПИИ.

Сюгаев А.В., Маратканова А.Н.

Метод механического измельчения используют для получения магнитных наполнителей для магнетодиэлектрических СВЧ-композитов. При измельчении в

присутствии поверхностно-активных веществ формируются частицы пластинчатой формы, обеспечивающие высокие СВЧ-характеристики. В работе получены поляризационные зависимости NEXAFS спектров на частицах железа, модифицированных молекулами поверхностно-активных веществ – стеариновой и перфторнонановой кислотами. Изменения интенсивностей σ^* резонансов от С-С связей (углеродная цепь) и С-Н и С-F (заместители) в С К NEXAFS спектрах свидетельствуют о том, что длинноцепочечные молекулы стеариновой и перфторнонановой кислот расположены преимущественно перпендикулярно поверхности металлических частиц. Аналогичные изменения наблюдались и в спектрах F К края. Такое расположение молекул характерно для слоев длинноцепочечных кислот и реализуется в большинстве случаев, в частности при формировании пленок в равновесных условиях. Частичное дефторирование или дегидрирование молекул, протекающее на свежесформированной поверхности железа при механическом измельчении, не приводит к существенному изменению расположения молекул на поверхности по сравнению с равновесными условиями, а также к разупорядочению формирующихся слоев. Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 13-03-96096р_урал) и Российско-немецкой лаборатории синхротрона BESSY II, HZB Berlin.

EXAFS-ИССЛЕДОВАНИЕ СОЕДИНЕНИЯ К-ВІ-ЦИТРАТ (ДЕ-НОЛ) В ТВЕРДОЙ ФОРМЕ И ВОДНЫХ РАСТВОРАХ РАЗЛИЧНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ

Трубина С.В.¹, Эренбург С.Б.¹, Юхин Ю.М.².

¹ИИХ СО РАН, Новосибирск, Россия.

²ИХТТМ СО РАН, Новосибирск, Россия.

Большой научный интерес к исследованию соединений висмута вызван их высокой терапевтической активностью. Например, коллоидный субцитрат Ві (colloidal bismuth subcitrate – CBS) является фармакологически активной частью препарата Де-Нол и относится к числу наиболее эффективных противоязвенных препаратов. Соединения цитрата висмута могут иметь различный состав в зависимости от конкретных условий

реакции, при этом даже небольшие изменения в гидратном составе могут приводить к существенным перестройкам структуры [1, 2]. Методом EXAFS-спектроскопии проведено сравнительное исследование структуры CBS (Де-Нол) (рис. 1) в водных растворах различной концентрации и твердых формах (1 - синтез проведен в ИХТТМ СО РАН, Новосибирск; 2 – фармакологический препарат De-Nol, производство Нидерланды). Спектры получены с использованием СИ ВЭППЗ ИЯФ СО РАН (рис. 2). На основании литературных данных по исследованию структур соединений Ві-цитрат [1-4] в ближайшем окружении атома Ві рассматривались атомы кислорода. Установлено, что в водных растворах в координационную сферу атома висмута входят девять атомов

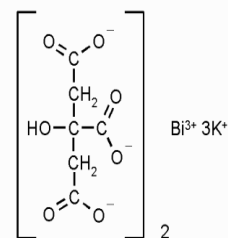


Рис.1. Трикальциевый дicitрат висмута (Де-Нол)

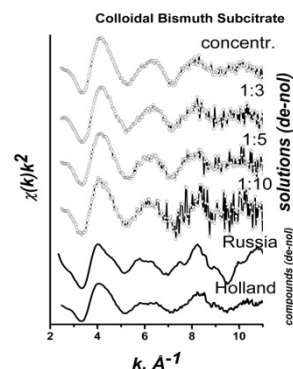


Рис.2. BiL_3 EXAFS спектры

кислорода с неравноценными расстояниями Ві-О (2.12 Å (N1=2); 2.53 Å (N2=1); 2.73 Å (N3=3); 2.92 Å (N4=3)). При разбавлении раствора в 5 и 10 раз межатомные расстояния В-О несколько уменьшаются (2.11; 2.48; 2.67; 2.89 Å соответственно). Известно [1-4], что в соединениях CBS основным структурным элементом является димерный фрагмент $Bi_2(Cit)_2$, в котором межатомное расстояние

Bi-Bi может составлять 4.6 – 6.1 Å. По данным EXAFS не удалось с достаточной точностью установить наличие соседнего атома висмута. Структура твердых форм CBS отличается от соответствующих структур в растворах. В окружении атома висмута находятся ~3 атома кислорода на различных расстояниях (2.1 – 2.9 Å). Кристаллы комплексов Bi-цитрат неустойчивы на воздухе из-за потери воды [1]. Твердые формы CBS являются вероятнее всего аморфными [3, 4].

Литература:

- [1] А.С. Анцышкина, Г.Г. Садилов, Т.Б. Кувшинова и др. Журн. неорг. химии, 2006, Т. 51, №3, 423-434.
[2] Ю.М. Юхин, Ю.И. Михайлов. Химия висмутовых соединений и материалов. – Новосибирск: Изд. СО РАН, 2001. – 360с.
[3] Eiji Asato, Kosho Katsura, Masahiro Mikuriya et al. Inorg. Chem., 1995, 34, 2447-2454.
[4] Eiji Asato, Kosho Katsura, Masahiro Mikuriya et al. Inorg. Chem., 1993, 32, 5322-5329.

Трубина Светлана Владимировна,
630090, Новосибирск, проспект ак. Лаврентьева, 3
E-mail: svt@niic.nsc.ru, Тел.: (383) 3304447.

ИССЛЕДОВАНИЕ КАТИОННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ В СЛОЖНЫХ ОКСИДАХ CU-CO-MN-NI-O СО СТРУКТУРОЙ ШПИНЕЛИ.

Фролов Д.Д., Фёдорова А.А., Морозов И.В.

Исследования электронной структуры веществ представляют важную задачу, поскольку свойства соединений и материалов на их основе в значительной мере определяются именно электронным строением. Ярким примером подобных свойств является, например, электропроводность, изученная на системе сложных оксидов со структурой шпинели Co-Mn-O. Было показано, что электропроводность напрямую определяется соотношением катионов Co^{2+}/Mn^{4+} [1]. Исследования материалов с помощью рентгеновской абсорбционной спектроскопии (XAS) как нельзя лучше подходят для решения подобных задач, что связано с такими особенностями метода, как элементная селективность и непосредственная корреляция с электронным строением. Электронное строение может определять и другие свойства, например, подвижность решёточного кислорода в оксидах, что может быть использовано для предсказания каталитической активности. В данной работе исследовалась зависимость электронного строения и кислородной подвижности для сложных оксидов со структурой шпинели Co-Mn-O, Cu-Co-Mn-O и Co-Ni-Mn-O. В данной работе были использованы два различных подхода. Сначала с помощью EXAFS-спектроскопии было проведено исследование элементного распределения по тетраэдрическому и октаэдрическому окружениям в сложном оксиде со структурой шпинели $Cu_{0.6}Co_{1.2}Mn_{1.2}O_4$. Для этого был проведён анализ вторых координационных сфер каждого металла, аналогичный описанному в статье [2], с последующим уточнением результатов. Такой подход позволил установить итоговую формулу соединения в виде $Co_{0.6}Cu_{0.4}[Co_{0.6}Cu_{0.2}Mn_{1.2}]O_4$, где в квадратных скобках указан состав октаэдрического окружения. Для анализа зарядовых состояний был применён метод XANES-спектроскопии с использованием стандартов, имеющих известное строение. Полученные L_{2,3}-спектры были затем описаны линейной комбинацией спектров стандартов, что позволило сделать выводы о структуре полученных соединений. Было показано, что во всех исследованных образцах тетраэдрическое окружение занято катионами Co^{2+} и, в отдельных случаях, частично Cu^{2+} . В октаэдрическом окружении были обнаружены катионы Ni^{2+} , Co^{3+} , Cu^{2+} , Mn^{3+} ,

Mn⁴⁺. Подвижность решёточного кислорода в данных сложных оксидах исследовалась методом изотопного обмена кислорода. Было установлено, что подвижность кислорода возрастает с увеличением содержания в октаэдрических позициях Mn⁴⁺. Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № НК 14-03-32056\14. Литература 1. Bordeneuve, H., et al., Structural variations and cation distributions in Mn^{3-x}Co_xO₄ (0 ≤ x ≤ 3) dense ceramics using neutron diffraction data. // Solid State Sciences, 2010. 12(3): p. 379-386. 2. Kukuruznyak, D.A., et al., Relationship between electronic and crystal structure in Cu–Ni–Co–Mn–O spinels. // Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena, 2006. 150(2-3): p. 275-281.

Фролов Дмитрий Дмитриевич 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1/3
E-mail: msu.dfrolov@gmail.com

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ КОМПЛЕКСА Bi(III) С МЕРКАПТОПРОПИОНОВОЙ КИСЛОТОЙ (H₂MPA) В РАСТВОРЕ HClO₄ И ТВЕРДОГО КОМПЛЕКСА, СОДЕРЖАЩЕГО (MPA).

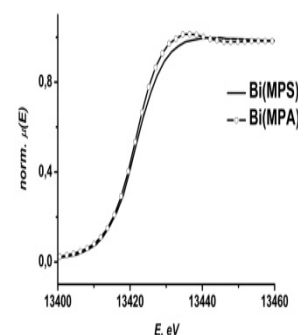
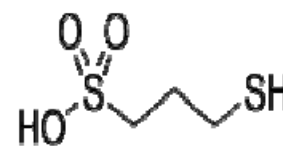
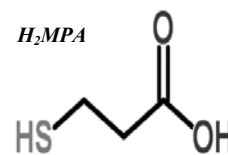
С.Б. Эренбург¹, С.В. Трубина¹, А.И. Петров², И.Д. Дергачев², Н.Н. Головнев².

¹Институт Неорганической Химии им. А.В. Николаева СО РАН, Новосибирск, Россия.

²Институт Цветных Металлов и Материаловедения Сибирского Федерального Университета, Красноярск, Россия.

Как и многие другие кислоты, содержащие меркаптогруппы, меркаптопропионовая кислота H₂MPA является биологически активным реагентом [1]. При исследовании биологических свойств комплексов, содержащих такие группы, весьма существенными оказываются структурные характеристики, связанные с их существованием в различных твердых формах и в растворах. С использованием метода EXAFS- спектроскопии, позволяющего характеризовать объекты, не имеющие дальнего порядка упорядочения [2, 3], проведено сравнительное исследование структуры комплекса Bi(III) с 3-меркаптопропионовой кислотой (H₂MPA) в 1.5M растворе HClO₄ и твердого комплекса Bi, содержащего (MPA). Спектры получены в стандартном режиме «на просвет образца» с использованием СИ ВЭППЗ ИЯФ СО РАН. Моделирование проводилось в программе EXCURV. На основании наших предыдущих исследований [3] в ближайшем окружении атома Bi рассматривались атомы S и O. Были протестированы две модели расчета: 1) с одинаково расположенными атомами кислорода и 2) двумя типами атомов кислорода на различных расстояниях.

Установлено, что в твердом комплексе лиганды координированы к висмуту двумя атомами серы, а также четырьмя атомами кислорода на двух различных расстояниях. Предположено, что два лиганда (MPA) координируются к атому висмута атомами серы и кислорода (с расстояниями 2.50 Å и 2.36 Å, соответственно) аналогично нашим предыдущим расчетам для комплексов с 3-меркаптопропансульфоновой кислотой H₂MPS [3], причем расстояние Bi–O меньше чем расстояние Bi–S в отличие от наших предыдущих расчетов. При этом в окружении атома висмута находятся еще два атома кислорода на расстоянии 2.74 Å. Справедливость такой модели подтверждается также увеличением интенсивности «белой» линии в XANES спектре образца с лигандом MPA по сравнению со спектром твердого комплекса с лигандом MPS (см. Рис.), что свидетельст-



вует о дополнительном переносе электронного заряда с атома висмута на атомы кислорода при уменьшении расстояний Bi-O. В растворе к атому висмута координированы три лиганда (МРА) с межатомными расстояниями Bi-S 2.51 Å и Bi-O 2.70 Å аналогично комплексу висмута с (H₂MPS) в растворе с близкими Bi-S и Bi-O межатомными расстояниями [3].

Литература:

- [1] Miloslava Netopilová, Jaroslav Dršata, Hana Kubová, Pavel Mareš. Differences between immature and adult rats in brain glutamate decarboxylase inhibition by 3-mercaptopropionic acid. // Original Research Article Epilepsy Research, 1995, Vol. 20 (3), 179-184.
- [2] С.Б. Эренбург, С.В. Трубина, Н.Н. Головнев. Структура комплексов висмута (III) с тиомочевинной по данным EXAFS-спектроскопии. // Журн. Физ. Химии, 2013, Vol. 63, (3), 475-479.
- [3] A.I. Petrov, N.N. Golovnev, S.V. Trubina, S.B. Erenburg, I.D. Dergachev. A spectroscopic and *ab initio* study on (III) complex formation with 3-mercaptopropanessulfonic acid. Journal of Coordination Chemistry, 2013, Vol. 66, (23), 4188-4198.

Эренбург Симон Борисович,
630090, Новосибирск, проспект ак. Лаврентьева, 3
E-mail: simon@niic.nsc.ru, Тел.: (383) 3304447

СТРУКТУРА И РАЗМЕРЫ МАЛЫХ КЛАСТЕРОВ ЗОЛОТА В ОБРАЗЦАХ, СОДЕРЖАЩИХ МОЛЕКУЛЫ КУКУРБИТ[n]УРИЛА (n=6, 7, 8).

С.Б. Эренбург¹, С.В. Трубина¹, Е.А. Коваленко¹, О.А. Герасько¹,
В.И. Зайковский², В.Ф. Пиндюрин³, К.О. Квашнина⁴.

¹Институт Неорганической Химии им. А.В. Николаева СО РАН, Новосибирск,

²Институт Катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, Новосибирск,

³Институт Ядерной Физики им. Г.И. Будкера СО РАН, Новосибирск,

⁴ID26, ESRF, Гренобль, Франция.

Более 20 лет назад обнаружено, что при уменьшении размеров металлических частиц до 5 нм и менее золото проявляет высокую каталитическую активность [1]. При этом до сих пор не существует единого мнения о природе этого явления, так же, впрочем, как и о физической и химической природе других явлений, связанных с квантовыми размерными эффектами для металлов. При исследовании подобных

явлений весьма важным становится получение массивов однородных по размерам и форме металлических наночастиц [2, 3]. Для решения такой задачи уникальную возможность предоставляет семейство органических молекул состава: C_{6n}H_{6n}N_{4n}O_{2n}(CB[n], n=5–10), имеющих макроциклическую структуру и открытые гидрофобные внутри-молекулярные полости [3] (Рис.1).

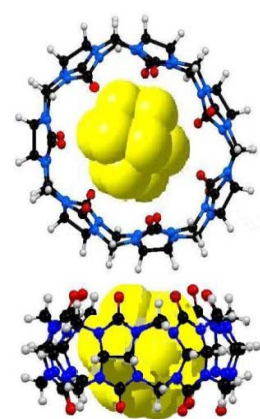


Рис.1. Молекула Au@CB[7] с кластером золота внутри

Проведен синтез соединений включения наночастиц золота в молекулы кукурбит[n]урилы (n = 6, 7, 8), в том числе,

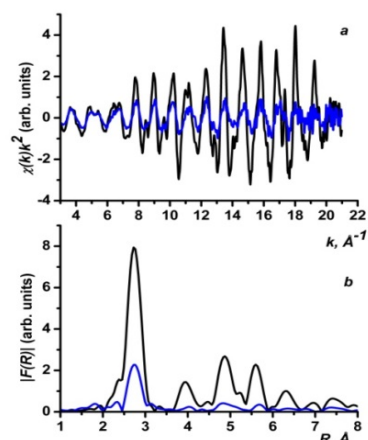


Рис.2. Au L_{III} EXAFS- спектры (a) и |F(R)| для них (b)

впервые - соединения Au@CB[6] в водном растворе с добавлением MgCl₂. Проведен поэтапный синтез через восстановление комплексов золота, синтезированных внутри полостей CB[8], и агрегацию в них кластеров золота.

Для синтезированных соединений измерены спектры EXAFS-, XANES- и HERFD XAS (рентгеновская абсорбционная спектроскопия высокого разрешения с флуоресцентным детектированием) в районе рентгеновских AuL_{III}-краев поглощения (Рис.2.). Определены параметры локальной структуры, а также оценены электронные характеристики для исследуемой системы, включающей наночастицы золота калиброванного размера.

Методом просвечивающей электронной микроскопии высокого разрешения (HRTEM) проведен визуальный контроль топологии исследуемых систем, определены распределения по размерам, для включенных в полости CB[7], CB[6] CB[8] частиц золота.

Из анализа экспериментального материала для исследованных высокодисперсных образцов установлено, что во всех образцах золото находится в бидисперсном виде: 1) высокодисперсная часть золота внутри полостей молекул кукурбитурила с узким распределением по размерам и 2) более крупные частицы золота. Для кластеров золота внутри полостей кукурбитурилов: 1) CB[7] - координационные числа N_{Au-Au} ~6, средний размер кластеров золота $d \sim 0.8$ нм; 2) CB[6] - N_{Au-Au} ~5, средний размер кластеров также несколько меньше - $d \sim 0.7$ нм. Обнаружено, что кластеры золота в полостях кукурбитурилов CB[7], CB[6] и CB[8] характеризуются заметно меньшими (на ~ 0.03 Å) межатомными расстояниями и заметно большими (в три раза при 12 К) значениями фактора Дебая-Валлера по сравнению с массивным золотом.

Детальное сравнение экспериментальных XANES- и HERFD- спектров высокодисперсных образцов, со спектрами образцов, содержащих более крупные нанесенные частицы золота, и спектрами массивного золота показало, что с точностью наших экспериментов ($\leq 10\%$) в начальной области спектры неотличимы. Сравнение экспериментальных спектров XANES и HERFD с выполненными в программе FEFF 9.0 модельными расчетами позволяет утверждать также, что с нашей точностью электронное состояние (в частности, зарядовое) высокодисперсного золота неотлично от металлического. При этом особые свойства атомов на поверхности малых (≤ 10 Å) частиц Au не определяются их положением на вершинах и ребрах малых кластеров, а, по-видимому, связаны с существенными для них структурным разупорядочением и деформациями.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России и РФФИ (грант 12-02-00262а).

Литература:

- [1] M. Haruta, T. Kobayashi, H. Sano et al. Novel Gold Catalysts for the Oxidation of Carbon Monoxide at a Temperature far Below 0 °C. Chem Lett., 2, 405 (1987).
- [2] S. Erenburg, S. Trubina, N. Bausk, B. Moroz, A. Kalinkin, V. Bukhtiyarov, S. Nikitenko. Structure of catalytically active gold nanoparticles by XAFS spectroscopy. Journal of Physics: Conference Series, **190**, (2009) 012121, doi:10.1088/1742-6596/190/1/012121.
- [3] Эренбург С.Б., Трубина С.В., Коваленко Е.А., Герасько О.А., Зайковский В.И., Квашнина К., Никитенко С.Г. Особенности микроструктуры нанозолота внутри полостей кукурбит[7]урила по XAFS спектрам. Письма в ЖЭТФ, 2013, том 97, вып. 5, с. 326 – 330.

Эренбург Симон Борисович,
630090, Новосибирск, проспект ак. Лаврентьева, 3
E-mail: simon@niic.nsc.ru, Тел.: (383) 3304447

НЕПРЕВЗОЙДЁННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ГЛУБОКОЙ РЕНТГЕНО-ЛИТОГРАФИИ: МИКРОСТРУКТУРЫ ВЫСОТОЙ 7 ММ И БОЛЕЕ

В.Назьмов, Е.Резникова.

Институт ядерной физики им. Г.И.Будкера СО РАН, Новосибирск.

Метод глубокой рентгенолитографии при формировании микроструктур с высоким аспектным отношением базируется на использовании высоко коллимированного пучка синхротронного рентгеновского излучения. Высота таких структур практически задаётся глубиной проникновения излучения в материал [1]. Таким образом, увеличивая диапазон актиничной энергии фотонов, глубина печатного рисунка могла бы достигать нескольких миллиметров. Однако, в случае использования полиметилметакрилата как материала для микроструктурирования, вторичные эффекты, вызывают как искажение формы и существенный уход размеров [2], так и приводят повышенной шероховатости боковых стенок [3]. С другой стороны, слабый перепад дозы поглощенного излучения в глубину слоя задаёт неприемлемо высокую длительность облучения. Однако, использование негативного фоторезиста на базе эпоксидной смолы, такого как диглицидилбис-фенолэфирацетат DGBEA [4] с растворённым в нём фотогенератором, решает вышеупомянутую проблему. Благодаря высокой контрастности данного резиста, влияние вторичных эффектов в нём значительно подавлено.

Однако, формирование толстых слоёв резиста осуществляется путём удаления значительной доли растворителя посредством сушки первоначальной капли, причём длительность сушки может достигать нескольких дней для толщины слоя свыше 1 мм [5]. Во-вторых, концентрация оставшегося растворителя распределяется неоднородно вглубь слоя вследствие диффузионного механизма транспорта растворителя [6]. В качестве решения этой проблемы нами разработан метод быстрого формирования толстых слоёв без ограничения их толщины с целью использования в операциях глубокой рентгенолитографии с использованием синхротронного излучения. В докладе также обсуждается качество полученных микроструктур с аспектным отношением до 390.

References:

1. V.P Nazmov, L.A Mezentseva, V.F Pindyurin, V.V Petrov, E.N Yakovleva, Modelling and manufacture of regular microstructures with high aspect ratio in acrylic plastic, *Nucl.Instr.Meth.Phys.Res. A* **448** (2000) 493–496.
2. G. Feiertag, W. Ehrfeld, H. Lehr, A. Schmidt, and M. Schmidt, Calculation and experimental determination of the structure transfer accuracy in deep x-ray lithography, *J. Micromech. Microeng.* **7** (1997)323-331.
3. W.Ehrfeld, A.Schmidt, Recent developments in deep x-ray lithography, *J.Vac.Sci.Techn.*, **B16** (1998) 3526-3534.
4. A. L. Bogdanov and S. S. Peredkov, Use of SU-8 photoresist for very high aspect ratio x-ray lithography, *Proceedings of Micro-, Nano-engineering '99*, Rome (1999).
5. V. Nazmov, E. Reznikova, J. Mohr, A. Snigirev, I. Snigireva, S. Achenbach and V. Saile, Fabrication and preliminary testing of X-ray lenses in thick SU-8 resist layers, *Microsyst. Technol.*, **10** (2004), 716-721.
6. R. Engelke, G. Ahrens, N. Arndt-Staufenbiehl, S. Kopetz, K. Wiesauer, B. Loechel, H. Schroeder, J. Kastner, A. Neyer, D. Stifter, G. Gruetzner, Investigations on possibilities of inline inspection of high aspect ratio microstructures, *Microsyst. Technol.* **13** (2007) 319–325.

Назьмов Владимир Петрович,
630090, Новосибирск, проспект Лаврентьева, 11;
E-mail: vovochkaprim@mail.ru, Тел.: (383) 329-41-05.

ВОЗМОЖНОСТИ ПЕРСПЕКТИВНОГО ИСТОЧНИКА СИ ИЯФ В ТЕ- НЕВОЙ РЕНТГЕНОГРАФИИ ДЕТОНАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ.

М.Г. Федотов^{1,2}

¹ *Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН, Новосибирск.*

² *Новосибирский государственный университет.*

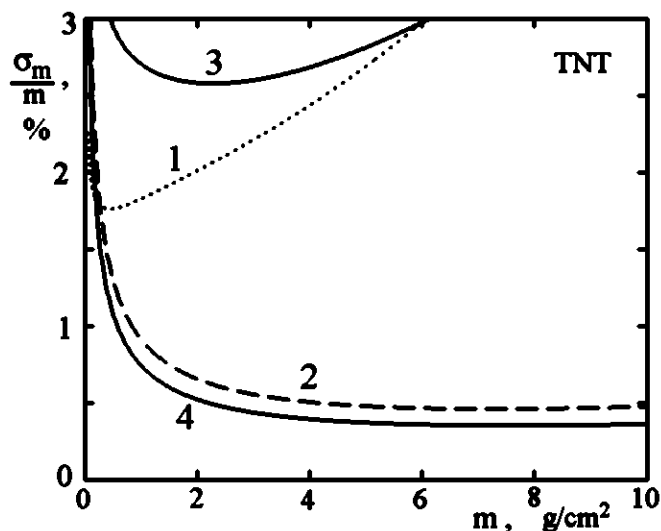
В настоящее время для исследования ударно-волновых и детонационных процессов в небольших (20-30г) образцах активно используется источник синхротронного излучения (СИ) накопителя ВЭПП-3. Кроме того, ведутся работы, обеспечивающие проведение экспериментов на пучке СИ 7-полюсного вигглера накопителя ВЭПП-4М, что позволит на порядок увеличить массы тестовых образцов.

Однако и накопитель ВЭПП-3, и накопитель ВЭПП-4М строились как установки физики высоких энергий, и параметры пучков СИ их источников перестали устраивать многих потребителей. Как возможное решение сейчас обсуждается создание в туннеле накопителя ВЭПП-4М специализированного накопителя-источника СИ с энергией электронов 5ГэВ и полным током 300-500мА в ~200 банчах. Соответственно, представляет интерес возможность исследования быстропротекающих процессов на подобной машине. Ранее аналогичные расчеты были выполнены для источников СИ ВЭПП-3 и ВЭПП-4М для разных условий эксперимента.

Обсуждаемый источник, имея высокую частоту вспышек СИ, обеспечивает существенно лучшее реальное временное разрешение, чем используемые сейчас. Однако оказалось, что по качеству регистрируемого изображения при обычных методах регистрации он превосходит существующие источники только при использовании вигглера с числом полюсов 100 и более. В частности, на рисунке приведены зависимости относительной ошибки измерения от количества поглощающего вещества (ТНТ) для источников ВЭПП-3 (шифтер с полем 2Т) (кривая 1), ВЭПП-4М (7-полюсный вигглер 1.3Т) (2), обсуждаемый накопитель с 7-полюсным вигглером 1.3Т (3) и со 100-полюсным вигглером 4Т (4) для ячейки регистрации 100мкм×100мкм.

Как альтернатива использованию вигглера со столь значительным числом полюсов предлагается построение детектора на основе метода ВЗИ (временной задержки-интегрирования), поскольку при исследовании стационарных детонационных процессов такой детектор обеспечит необходимое качество изображения и при малом числе полюсов. Кроме того, в случае многополюсного вигглера и использовании соответствующей синхронизации данный метод позволит довести пространственное разрешение до 10мкм.

Федотов Михаил Геннадьевич,
630090, Новосибирск, проспект ак. Лаврентьева, 11;
E-mail: mihailru@mail.ru, Тел.: (383) 329-45-43.



НОВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ НА РАБОЧЕЙ СТАНЦИИ СПИН НОВОСИБИРСКОГО ТЕРАГЕРЦОВОГО ЛСЭ.

Knyazev B. A.

За два года, прошедших со времени предыдущей конференции, на рабочей станции СПИН были выполнены широкий спектр экспериментов, в которых участвовали сотрудники восьми научно-исследовательских институтов и трех университетов из Новосибирска, Москвы, Самары и Красноярска, а также коммерческой компании ТИДЕКС из Санкт-Петербурга. По-прежнему большое внимание уделялось разработкам, связанным с созданием и модификацией элементной базы для работы с мощным терагерцовым излучением. В частности, были создан и испытан ряд бинарных высокоэффективных кремниевых дифракционных элементов с антиотражающими покрытиями, позволяющими фокусировать и расщеплять пучки, а также формировать заданные трехмерные распределения. Достигнут прогресс в обработке данных в абсолютном измерителе распределения плотности мощности излучения на основе интерферометра Физо. Выполнены эксперименты по терагерцовой голографии, в том числе впервые в системе с нарушенным полным внутренним отражением. Выполнялись исследования по оптоакустике и магнитоопике. Много уникальных результатов получено при исследовании распространения плазмонов по поверхностям металл-диэлектрик, а также их "прыжков" между поверхностями, разделенными воздушными промежутками длиной до 100 мкм. Созданы терагерцовые эллипсометр и поляриметр, велись исследования по диагностике медикобиологических образцов. Собран макетный образец ближнепольного терагерцового оптического микроскопа. Многие из этих результатов представлены в отдельных докладах на данной конференции.

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ВОЛН ГОРЕНИЯ И ДЕТОНАЦИОННЫХ ВОЛН ВОДОРОДО-КИСЛОРОДНОЙ СМЕСИ В ОПТИЧЕСКОМ И ТЕРАГЕРЦОВОМ ДИАПАЗОНАХ.

Васильев А.А.^{1,4}, Пальчиков Е.И.^{1,4}, Кубарев В.В.^{2,4}, Чесноков Е.Н.³, Кошляков П.В.³,
Долгих А.В.¹, Красников И.Ю.¹

1. *Российская Академия Наук, Сибирское отделение Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева Пр. ак. Лаврентьева, 15, Новосибирск, 630090, Россия
palchikov@hydro.nsc.ru*
2. *Российская Академия Наук, Сибирское отделение Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера Пр. ак. Лаврентьева, 11, Новосибирск, 630090, Россия*
3. *Российская Академия Наук, Сибирское отделение Институт химической кинетики и горения Ул. Институтская, 3, Новосибирск, 630090, Россия*
4. *Новосибирский государственный университет Ул. Пирогова, 2, Новосибирск*

В работе приводятся схемы экспериментов и результаты по регистрации волн горения водородно-кислородной смеси. Предложенные схемы включают методики регистрации пламени с использованием терагерцового излучения и синхронной регистрации в оптическом диапазоне. Проведены эксперименты в диапазоне с длинами волн от 115 до 200 мкм. Исследования проводились на линиях поглощения воды и радикала ОН, а также при отстройке от линий.

В экспериментах использовался цилиндрический канал диаметром 40 мм и длиной 1 м, который заполнялся смесью $2\text{H}_2 + \text{O}_2$. Конструкция канала позволяет использовать иницирование горения и детонации с различными граничными условиями. Данная конструкция

позволяет исследовать как низкоскоростные процессы горения (ламинарное и турбулентное) так и ускоряющиеся пламена, вплоть до перехода горения в детонацию.

Эксперименты на 119 мкм (ОН радикал) показали заметное расхождение по времени сигнала поглощения радикала ОН в терагерцовом диапазоне с сигналом, получаемым оптической регистрацией фронта горения.

На длинах волн близких к 200 мкм, при отстройке от линий поглощения, зафиксированы сигналы, связанные с рефракцией при максимальной плотности плазмы, коррелированные с амплитудой фронта свечения в оптическом диапазоне.

Полученные в ходе исследований результаты позволяют наблюдать динамику пространственного распределения границ воды в условиях горения и детонации водородно-кислородной смеси, а также получать новые экспериментальные данные о концентрации свободных радикалов в процессах горения и детонации.

Работа выполнена при финансовой поддержке интеграционного проекта СО РАН № 143.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ТЕРАГЕРЦОВЫХ ПОВЕРХНОСТНЫХ ПЛАЗМОН-ПОЛЯРИТОНОВ ПО ПРЯМЫМ И ИЗОГНУТЫМ МЕТАЛЛ-ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ПОВЕРХНОСТЯМ С ВОЗДУШНЫМИ ПРОМЕЖУТКАМИ.

В. В. Герасимов, В. О. Горовой, Б. А. Князев, А. К. Никитин, Г. Н. Жижин, М. Г. Власенко, И. А. Котельников.

На Новосибирском лазере на свободных электронах за последний год выполнен широкий спектр исследований свойств «монокроматических» поверхностных плазмон-поляритонов (ППП) при частоте излучения около 2.3 ТГц, распространяющихся вдоль поверхностей Au-ZnS -воздух. Толщина слоя ZnS варьировалась в пределах от 0 до 3 мкм. Излучение регистрировалось с помощью оптоакустической ячейки Голея с синхронным усилителем или с помощью изображающих систем с матричным микроболометрическим приемником размером 320x240 элементов. Показано, что фокусировка пучка излучения на прямоугольный край образца является простейшим и эффективным способом генерации плазмонов терагерцового диапазона. Исследованы длины распространения ППП вдоль плоских и, впервые в терагерцовом диапазоне, цилиндрических (в азимутальном направлении) поверхностях. Исследованы радиационные потери, возникающие при движении ППП вдоль этих поверхностей. Измерена эффективность преодоления плазмонами границы между расположенными вплотную поверхностями с разной толщиной слоя ZnS, а также продемонстрирована возможность "прыжков" ППП между такими поверхностями на расстояние до 100 мм.

РАЗРАБОТКА И ИЗГОТОВЛЕНИЕ БЛИЖНЕПОЛЬНОГО ТЕРАГЕРЦОВОГО СКАНИРУЮЩЕГО ОПТИЧЕСКОГО МИКРОСКОПА С БЛОКОМ НАРУШЕННОГО ПОЛНОГО ВНУТРЕННЕГО ОТРАЖЕНИЯ.

В. П. Барсуков, А. Г. Верхогляд, В. В. Герасимов, И. С. Глебус, М. А. Завьялова, Б. А. Князев, С. Н. Макаров, М. Ф. Ступак, В. К. Овчар, Д. Г. Родионова, Ю. Ю. Чопорова, В. Ю. Штатнов.

Разработан и изготовлен ближнепольный терагерцовый сканирующий оптический микроскоп с блоком нарушенного полного внутреннего отражения и лазером на свободных электронах в качестве источника излучения. Созданы и испытаны

сканирующая система с позиционированием с помощью конфокального датчика с хроматическим кодированием и датчик касания поверхности субволновым зондом. В датчике касания реализован новый метод определения расстояния между зондом и проводящей поверхностью по току коронного разряда. Для работы с импульсным излучением Новосибирского терагерцового лазера на свободных электронах разработана специализированная система синхронного детектирования рассеянного зондом излучения, включающая сверхпроводящий болометр на горячих электронах и электронную схему накопления сигнала. Проведены испытания всех элементов микроскопа, показавшие их работоспособность. Начаты эксперименты по регистрации рассеянного зондом микроскопа терагерцового излучения.

ИЗМЕНЕНИЕ МОРФОЛОГИИ ЭРИТРОЦИТОВ ЗДОРОВОЙ КРОВИ ЧЕЛОВЕКА ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ТЕРАГЕРЦОВОГО ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ.

Е.Л. Зеленцов¹, А.Ф. Мунзарова^{3,2}, А.С. Козлов², А.К. Петров².

- 1) *Медицинский центр “Интегральная медицина”, Новосибирск.*
- 2) *Институт химической кинетики и горения СО РАН, Новосибирск.*
- 3) *Новосибирский государственный университет, Новосибирск.*

На протяжении 2012-2014 годов в Сибирском центре фотохимических исследований СО РАН проводились исследования взаимодействия терагерцового лазерного излучения с кровью человека. Лазер терагерцового диапазона излучает на длинах волн, характерных для взаимодействия биологических молекул, и в водной среде порождает мощные звуковые волны, приводящие к появлению биомолекулярных эффектов.

Нарушения микроциркуляции и реологии крови являются основными ведущими факторами патогенеза атеросклероза и ишемической болезни, приводящими к нарушениям мозгового кровообращения, внезапной коронарной смерти. Повышение вязкости крови в сочетании со спазмом церебральных, коронарных артерий является причиной развития сосудистых катастроф у различных контингентов пациентов.

Целью исследования являлась оценка воздействия излучения на эритроциты здоровых добровольцев, как продолжение предыдущих исследований 2008- 2011г. Производили забор периферической крови здоровых добровольцев, после этого проводили подготовку образцов по стандартной методике, далее производили облучение не фокусированным пучком на длинах волн 130-200 мкм при средней плотности мощности $20\text{Вт}/\text{см}^2$, с различной экспозицией, при различных временах выдержки крови до облучения, и после - до гистологического исследования. Кроме этого использовались 2 контрольных образца - необлученная кровь и кровь с выдержкой 1 час после облучения, для оценки состояния эритроцитов после воздействия. Кроме этого провели исследование крови непосредственно после воздействия, при различных временах экспозиции.

Все образцы исследовались гистологически при помощи атомно-силового микроскопа «NTEGRA» (NT- MDT г. Зеленоград) с различным разрешением в полуконтактном режиме в нативной форме. Контрольные исследования проводились при помощи оптической микроскопии с увеличением в 1000 раз, в нативной форме.

После получения изображений производили их обработку в компьютерной программе с целью получения статистически достоверных данных состояния эритроцитов, в том числе и мембран. Были подтверждены оптимальные времена экспозиции, для данной мощности лазера, которые составляли 5- 10 сек., отмечены единичные повреждения мембран эритроцитов, не приводящие в дальнейшем к их разрушению, так же отмечалось изменение формы эритроцитов. При экспозиции, примерно, 3 секунды не было отмечено выраженных повреждений мембран эритроцитов, при экспозиции более 10 секунд отмечены выраженные повреждения мембран эритроцитов, в

дальнейшем, приводящих к их разрушению, при экспозиции более 15 секунд и более выявлялся лизис эритроцитов вследствие мгновенного разрушения мембран клеток. Эти эффекты подтверждены при помощи оптической микроскопии. Результаты полностью подтвердили ранее проведенные эксперименты [1]. Таким образом, при облучении образцов крови ТГц излучением пролит некоторый свет на механизмы повреждения мембран эритроцитов.

Литература:

1. Мунзарова А.Ф., Зеленцов Е.Л., Козлов А.С. // Вестник НГУ. Серия: Физика, 2013, №2, С.117–123.

Зеленцов Евгений Леонидович,
630091 Новосибирск, Красный проспект 54.
E-mail: zelnmr63@mail.ru, Тел.: (383) 217-04-70.

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ СКЕЛЕТНОЙ МЫШЦЫ МЛЕКОПИТАЮЩИХ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ МОЩНОГО ТЕРАГЕРЦОВОГО ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ.

Е.Л. Зеленцов¹, Т.В. Сажина², А.С. Козлов³, А.Ф. Мунзарова^{3,4}, А.К. Петров³.

- 1) *Медицинский центр “Интегральная медицина”, Новосибирск.*
- 2) *Новосибирский государственный медицинский университет, Новосибирск.*
- 3) *Институт химической кинетики и горения СО РАН, Новосибирск.*
- 4) *Новосибирский государственный университет, Новосибирск.*

В последнее десятилетие во всем мире расширяются исследования с использованием электромагнитного излучения терагерцового диапазона частот. В Институте ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН создан самый мощный в мире источник такого излучения – лазер на свободных электронах (ЛСЭ) на ускорителе-рекуператоре. Он генерирует излучение в виде 30-50пс импульсов следующих с частотой 5.6МГц со средней мощностью до 800 Вт с плавной перестройкой в диапазоне длин волн 120 – 240 микрон. Это позволяет проводить уникальные исследования по физике, химии, биологии и др. отраслям науки [1,2].

На протяжении 2006- 2013 годов в Сибирском центре фотохимических исследований СО РАН проводились исследования взаимодействия терагерцового лазерного излучения со скелетной мышцей млекопитающего (крыса, корова). Общеизвестным является тот факт, что лазер терагерцового диапазона излучает на длинах волн, характерных для Ван дер Ваальсового взаимодействия и взаимодействия биологических молекул (белки, ДНК и др.), в связи с этим мы ожидали появление специфических повреждений мышечной ткани, характерной для данных длин волн.

Целью исследования являлось изучение последствий взаимодействия излучения данных длин волн с сильно структурированной биологической тканью, изучение специфических, для данных длин волн и мощности излучения, повреждений мышечной ткани, оценки взаимодействия излучения с «большим» массивом ткани. Кроме этого в качестве контроля было исследовано взаимодействие СО₂ и NdYAG лазеров с мышечной тканью.

Представлено подробное описание последствий воздействия ТГц излучения на ткани. Показано, что морфологическая картина радикально отличается от термического поражения и механического повреждения. Показано, что последствия воздействия ТГц излучения имеют уникальные особенности, значительно отличаются от воздействия более коротковолнового излучения. Возможные причины наблюдаемой картины - обсуждаются.

Литература:

1. Козлов А.С., Петров А.К., Винокуров Н.А. // Автометрия, 2011, №4, С.3-15.
2. Gavrilov N.G., Knyazev B.A., Kolobanov E.I., Kotenkov V.V., Kubarev V.V., Kulipanov G.N., Matveenko A.N., Medvedev L.E., Miginsky S.V., Mironenko L.A., Oreshkov A.D., Ovchar V.K., Popik V.M., Salikova T.V., Scheglov M.A., Serednyakov S.S., Shevchenko O.A., Skrinsky A.N., Tcheskidov V.G., Vinokurov N.A. // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A. 2007. V. 575, P. 54-57.

Зеленцов Евгений Леонидович,
630091 Новосибирск, Красный проспект 54
E-mail: zelnmr63@mail.ru, Тел.: (383) 217-04-70.

PHASE MODULATED TERAHERTZ POLARIMETER ON THE NOVOSIBIRSK FREE ELECTRON LASER.

M. S. Mitkov, Yu. Yu. Choporova, B. A. Knyazev.

Поляриметрия широко применяется при исследовании различных материалов и сред в видимом и ближнем инфракрасном диапазонах спектра. В терагерцовом диапазоне, однако, она практически не реализована. В данной работе был разработан терагерцовый поляриметр, основанный на интерферометре Майкельсона, с использованием в качестве источника монохроматического терагерцового излучения лазера на свободных электронах (ЛСЭ). В плечах интерферометра взаимортогонально установлены поляризаторы. Изменение длины одного из плеч (перемещение одного из зеркал интерферометра) приводит к фазовому сдвигу между плечами интерферометра, который в свою очередь приводит к изменению поляризации. Таким образом поляризация зондирующего излучения изменяется от линейной через правовращательную и левовращательную круговую до линейной. Решеточные поляризаторы на полиэтиленовой основе 1200 штрихов/мм вращались с помощью шаговых двигателей с точностью позиционирования до 1° . Для регистрации терагерцового излучения использовался пироэлектрический приемник МГ-33 в схеме синхронного детектирования. Тестирование поляриметра было выполнено, используя киральные метаматериалы, изготовленные в лаборатории В. Я. Принца Института физики полупроводников СО РАН. Экспериментально полученные результаты показали хорошее согласование с теоретическими предсказаниями и измерениями, выполненными с помощью фурье спектрометра

МОДЕЛИРОВАНИЕ СОБСТВЕННЫХ ЧАСТОТ АДЕНОЗИН ТРИ-, ДИ-, МОНОФОСФОРНОЙ КИСЛОТ В ТЕРАГЕРЦОВОМ ДИАПАЗОНЕ.

Немова Е.Ф.¹, Николаев Н.А.²

1 - Институт Лазерной Физики СО РАН,

2-Институт автоматики и электрометрии СО РАН

Аденозин трифосфорная кислота (АТФ), аденозин дифосфорная кислота (АДФ) и аденозин монофосфорная кислота (АМФ) являются важными биологическими веществами. Они отличаются друг от друга количеством фосфорных остатков (рис. 1). Данные вещества представляют собой молекулярные кристаллы, относящиеся к одной группе симметрии. Массы молекул отличаются незначительно, но при переходе от молекулы к молекуле изменяется количество межмолекулярных связей. Цель работы состояла в исследо-

вании данных молекулярных систем методами терагерцовой импульсной спектроскопии и анализе типов колебаний и вклада межмолекулярных взаимодействий квантово-химическими методами.

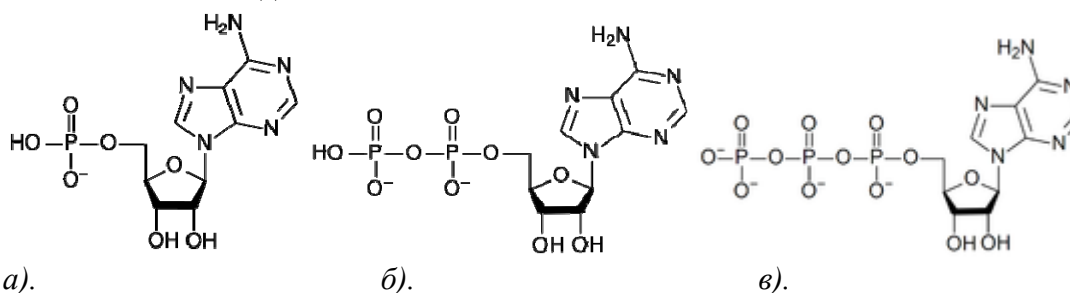


Рис.1 Структура АМФ (а), АДФ (б), АТФ (в)

В работе использовали малогабаритный ТГц спектрометр с субпикосекундным разрешением на базе фемтосекундного волоконного лазера [1]. Сухие поликристаллические препараты анализируемых веществ были спрессованы в таблетки диаметром 8 мм под давлением 1,5 атм. Моделирование проводилось квантово-химическим методом, с помощью программного комплекса MORAS и Gamess. Для расчетов собственных частот исследуемых веществ был выбран полуэмпирический метод PM3, для корректировки полученных данных использовался неэмпирический метод в базе STO-3G. Начальная структура, длины связей, валентные углы молекул, выбиралась по справочным данным, заложенным в систему MORAS.

Было получено, что анализируемые вещества имеют пики поглощения в диапазоне частот 0,1-2,0 ТГц. Квантово-химические расчеты собственных частот молекул хорошо согласуются с экспериментальными данными. В работе обсуждается влияние фосфорных групп на ТГц спектр поглощения аденозина.

Литература:

1. В.Д. Анцыгин, А.А. Мамрашев, Н.А. Николаев, О.И. Потатуркин, *Автометрия*.. 46, №3. С. 110-117. 2010

Евгения Федоровна Немова
630090, Новосибирск, Пр-т. Ак. Лаврентьева 13/3
Институт Лазерной Физики СО РАН
E-mail: endy@ngs.ru, Тел: +79139118678

КРЕМНИЕВАЯ ДИФРАКЦИОННАЯ ОПТИКА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЛАЗЕРНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ СУБМИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА.

Павельев В.С.^{1,2}, Агафонов А.Н.¹, Володкин Б.О.¹, Кавеев А.К.³, Качалов Д.Г.¹, Князев Б.А.^{4,5}, Кропотов Г.И.³, Тукмаков К.Н.¹, Цыганкова Е.В.³, Цыпишка Д.И.³, Чопорова Ю.Ю.^{4,5}

¹Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет).

²Институт систем обработки изображений РАН,

³ООО ТИДЕКС, Санкт-Петербург, 194292.

⁴Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН, Новосибирск, 630090.

⁵Новосибирский государственный университет, Новосибирск, 630090.

Дифракционные оптические элементы (ДОЭ) нашли широкое применение в лазерных технологических установках и оптических приборах ультрафиолетового, видимого и

инфракрасного диапазонов [1]. Вследствие более высокого (по сравнению с видимым диапазоном) поглощения материалов, прозрачных в терагерцовом (ТГц) диапазоне, использование ДОЭ в ТГц-диапазоне предпочтительнее, чем использование рефракционных элементов. ДОЭ практически не имеют альтернативы в случае управления излучением мощного монохроматического пучка ТГц-лазера на свободных электронах (ЛСЭ) [2].

Известны результаты исследования кремниевых бинарных дифракционных линз и делителей пучка [3] для управления лазерным терагерцовым излучением. В [4] приведены результаты исследования кремниевого бинарного дифракционного фокусатора, предназначенного для фокусировки гауссова пучка терагерцового лазера в квадрат с равномерным распределением интенсивности.

В настоящей работе рассмотрены вопросы создания кремниевых дифракционных оптических элементов, предназначенных как для фокусировки монохроматического лазерного излучения субмиллиметрового диапазона в заданные двумерные области, так и для создания пучков с заданным продольным распределением.

Литература:

- Сойфер В.А. Дифракционная компьютерная оптика. 2007. М.: Физматлит.
- Knyazev V.A., Kulipanov G.N., Vinokurov N.A.//Novosibirsk terahertz free electron laser: instrumentation development and experimental achievements. Measur. Sci. Techn. 2010. №21.
- Агафонов А.Н. и др.//Кремниевые дифракционные оптические элементы для мощного монохроматического терагерцового излучения. Автометрия. 2013. Т. 49. №2. С. 98-105.
- Агафонов А.Н. и др.//Кремниевая оптика для фокусировки лазерного излучения терагерцового диапазона в заданные двумерные области. Компьютерная оптика. 2013. Т. 37. №4. С. 464-470.

Павельев Владимир Сергеевич,
443086, Самара, Московское шоссе, 34, СГАУ;
E-mail: paveljev10@mail.ru, Тел.: (846) 267-48-43.

ПРОТЕОМНЫЙ ОТВЕТ КЛЕТОК E. COLI НА ВОЗДЕЙСТВИЕ ТЕРАГЕРЦОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ.

Демидова Е.В., Демидов Е.А., Попик В.М., Мещерякова И.А., Семенов А.И,
Горячковская Т.Н., Колчанов Н.А., Кулипанов Г.Н., Пельтек С.Е.

Электромагнитное излучение терагерцового диапазона располагается между высокочастотным микроволновым и длинноволновым инфракрасным диапазонами в интервале частот от 0,3 до 10 ТГц. Терагерцовому диапазону соответствуют область вращательных спектров молекул, колебаний биологически важных коллективных мод ДНК и белков, а также область колебаний и энергий водородных связей и вандерваальсовых сил, определяющих вторичную, третичную и структуры высшего порядка важнейших биополимеров. Поэтому необходимо исследовать последствия воздействия этого излучения на живые объекты, учитывая низкую вероятность контакта с ним живых объектов в естественных условиях обитания из-за практически полного поглощения терагерцового излучения в атмосфере и водных средах. Работа проведена на специализированной станции Новосибирского ЛСЭ, предназначенной для изучения нетермического воздействия электромагнитного излучения на живые системы. В докладе представлены результаты исследования воздействия терагерцового излучения на клетки E. coli как модельного объекта современными методами геномики и протеомики. Выявлены белки и кодирующие их гены у E. Coli меняющие экспрессию под действием терагерцового излучения. На основе выявленных генов сконструированы специальные

геносенсорные конструкции, реагирующие на воздействие терагерцового излучения. Изучение экспрессии генов, задействованных в протеомном ответе клеток на облучение, позволило выявить механизмы воздействия терагерцового излучения на живые объекты, определить степень его биоопасности

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ АНТИОКСИДАНТОВ НА ИНДУЦИРОВАННУЮ ТЕРАГЕРЦОВЫМ (СУБМИЛЛИМЕТРОВЫМ) ИЗЛУЧЕНИЕМ ПРОНИЦАЕМОСТЬ КЛЕТОЧНЫХ МЕМБРАН.

Запара Т.А., Трескова С.П., Ратушняк А.С.

Ранее было показано, что излучение в субмиллиметровом диапазоне создает условия для проникновения в живые клетки веществ, не пересекающих не поврежденную мембрану. Обнаружили, что воздействие излучения с длиной волны 130 мкм инициирует образование сквозных гидрофильных пор в липидной мембране клетки. Возможно, повреждающие эффекты обусловлены действием на мембрану гидроксил-радикалов, которые могут возникнуть, в водном растворе окружающем нейрон в результате лазерного излучения. Для проверки таких предположений, в данной работе в раствор, окружающий нейроны, перед облучением кроме красителей вводили антиоксиданты. Исследования проводились на изолированных нейронах с использованием красителя, который не проникает через интактные мембраны трипанового голубого, люцифера желтого и ВСЕСF-АМ выявляющего жизнеспособные клетки. Кроме того использовался электрофизиологический анализ. Обнаружили, что некоторые антиоксиданты снижают уровень проникновения в клетку красителей по сравнению с контрольной группой нейронов подвергавшихся облучению в отсутствие антиоксидантов. Обнаруженное снижение уровня проникновения в нейроны красителей отражает протекторные свойства антиоксидантов в отношении липидной мембраны в условиях воздействия излучение в субмиллиметровом диапазоне. Таким образом, терагерцовое (субмиллиметровое) излучение может служить индуктором направленной доставки в клетки биологически активных соединений, а антиоксиданты являться модуляторами этого процесса и служить защитой от неблагоприятного действия электромагнитных волн в этом диапазоне.

НОВЫЙ МЕТОД ТОЧНОГО ИЗМЕРЕНИЯ МАСС НАНОЧАСТИЦ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕРАГЕРЦОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ.

Горячковская Т.Н., Куйбида Л.В., Пельтек С.Е., Попик В.М., Семёнов А.И., Тимофеева М.С., Щеглов М.А.

На основании мягкой не разрушающей абляции под действием терагерцового излучения новосибирского лазера на свободных электронах и времпролётной масс-спектрометрии разрабатывается принципиально новый, не имеющий аналогов, метод прямого измерения масс наночастиц и биополимеров больших масс, недоступных современным методам масс-спектрометрии. Под действием терагерцового излучения ЛСЭ неорганические наночастицы или биополимеры переводятся в газовую фазу, ионизируются и анализируются с помощью времпролётного масс-спектрометра на базе масс-спектрометра МСХ-6.

ВЛИЯНИЕ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ТЕРАГЕРЦОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ЖИЗНИ И РАЗВИТИЕ ПОТОМСТВА ДРОЗОФИЛ

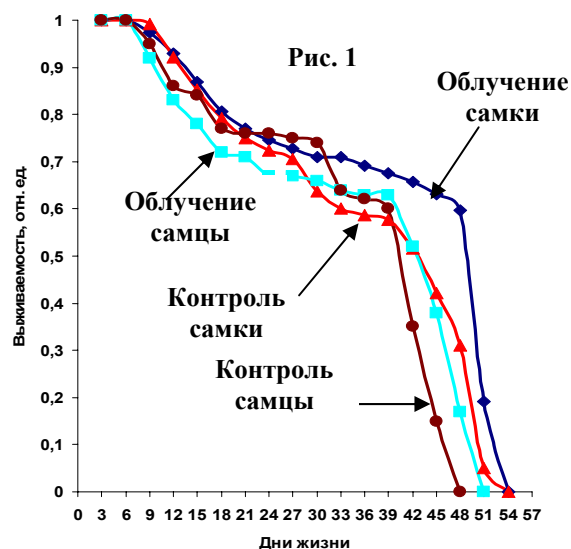
В.И.Федоров¹, Н.Я.Вайсман², Н.А.Николаев³, Е.Ф.Немова¹.

¹Институт лазерной физики СО РАН, Новосибирск.

²Институт цитологии и генетики СО РАН, Новосибирск.

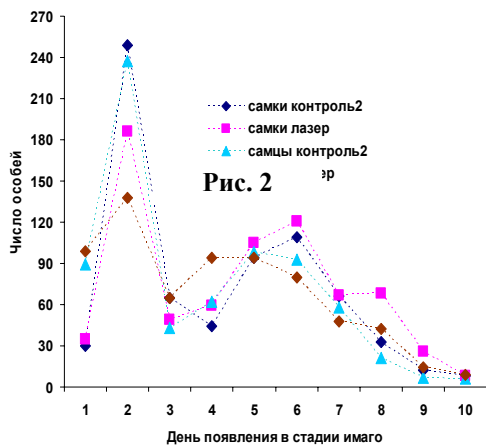
³Институт автоматики и электрометрии СО РАН, Новосибирск.

Терагерцовое излучение (0,1–10 ТГц) оказывает влияние на статус генетической системы, что следует из результатов исследований, показавших избирательное влияние излучения на экспрессию генов различных про- и эукариотических клеток и на дифференцировку стволовых клеток [1]. Важным генетически обусловленным признаком является продолжительность жизни. Исследовали влияние терагерцового излучения (0,1 – 2,2 ТГц с мощностью в импульсе 8,5 мВт и длительностью 1 пс, частота повторения 76 МГц)



на продолжительность жизни облученных самцов и

самок и на динамику развития потомства облученных самок. Абсолютная и средняя продолжительность жизни облученных самок была достоверно выше, чем облученных самцов или необлученных самок (рис. 1). Облучение самок привело к искажению динамики развития их потомства (рис. 2) и нарушению соотношения полов в потомстве, в силу достоверного уменьшения числа развившихся самцов



Литература:

1. В. И. Федоров // Биомедицинская радиоэлектроника. 2011. № 2. С.17-27.

Федоров Вячеслав Иванович,
630090, Новосибирск, проспект ак. Лаврентьева, 13/3;
E-mail: vif41@mail.ru, Тел.: (383) 330-99-22.

ОСОБЕННОСТИ ТЕРАГЕРЦОВОГО ПОГЛОЩЕНИЯ И КОМБИНАЦИОННОГО РАССЕЯНИЯ МИНЕРАЛОКОРТИКОИДНЫХ ГОРМОНОВ

В. А. Минаева¹, О. П. Черкасова², Б. Ф. Минаев¹, Г. В. Барышников¹, А. В. Хмара¹.

¹Черкасский национальный университет им. Б. Хмельницкого, Черкассы.

²Институт лазерной физики СО РАН, Новосибирск.

Методом функционала плотности ВЗLYP в базе 6-31G(d) проведены расчеты равновесных молекулярных геометрий, колебательных частот, интенсивностей полос терагерцового поглощения и активностей линий нерезонансного комбинационного рассеяния кортикостероидных гормонов кортикостерона, дезоксикортикостерона, дезоксикортикостерон ацетата и кортикостерон ацетата, проявляющих минералокортикоидное действие.

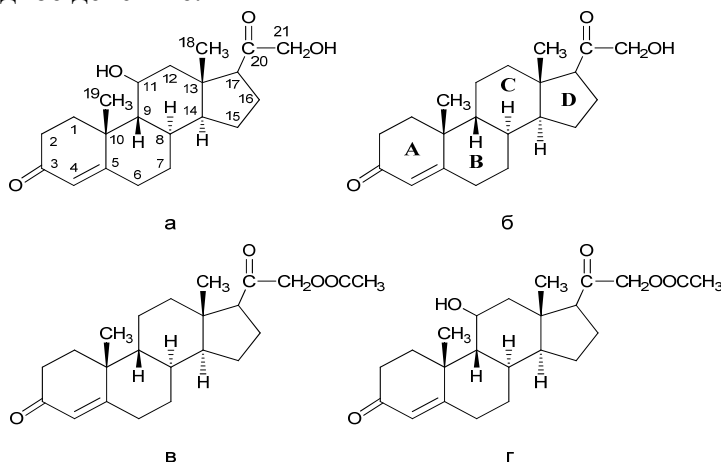


Рис. 1. Структуры молекул кортикостерона (а), дезоксикортикостерона (б), дезоксикортикостерон ацетата (в) и кортикостерон ацетата (г).

На основе квантово-химических расчетов частот и форм нормальных колебаний этих молекул проведено отнесение полос терагерцового поглощения и линий комбинационного рассеяния в экспериментальных спектрах. Рассчитанные частоты скелетных колебаний молекул и деформационных колебаний функциональных групп хорошо согласуются с экспериментальными данными. Сравнение рассчитанных спектров с экспериментальными данными позволяет провести надежное отнесение всех наблюдаемых полос терагерцового поглощения и линий в спектрах комбинационного рассеяния. Отклонения могут быть связаны с межмолекулярным взаимодействием и специфическими эффектами кристаллической упаковки, что показано нами квантово-химическим расчетом димера дезоксикортикостерона. Дано объяснение соответствующим частотным сдвигам при изменении морфологии молекулы. Теоретическими расчетами и экспериментальными исследованиями показано, что низкочастотные экспериментальные спектры комбинационного рассеяния дают больше информации при самых низких частотах ($14\text{--}40\text{ см}^{-1}$) по сравнению со спектрами терагерцового поглощения в этой области частот. Спектры терагерцового поглощения более чувствительны к изменению молекулярной структуры при введении различных функциональных групп.

Черкасова Ольга Павловна,
630090, Новосибирск, проспект ак. Лаврентьева, 13/3;
E-mail: o.p.cherkasova@gmail.com, Тел.: (383) 330-99-22, 8-965-823-11-92.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕРАГЕРЦОВОЙ СПЕКТРОСКОПИИ В МЕДИЦИНСКОЙ ДИАГНОСТИКЕ

О.П. Черкасова

Институт лазерной физики СО РАН, Новосибирск.

Излучение терагерцового (ТГц) диапазона частот обладает рядом особенностей, позволяющих использовать его в медицине. Оно не ионизирует биологические объекты [1], проходит через мутные среды и мелкодисперсные материалы, рассеиваясь значительно меньше видимого и ИК излучений. Предварительные исследования показали, что кож-

ный покров человека и животных в значительной степени пропускает ТГц излучение [2]. Доступны для практических применений удобные источники и детекторы ТГц диапазона. Развитие методов терагерцовой импульсной спектроскопии открывает новые перспективы в медицинской диагностике. Данный вид спектроскопии позволяет за одно измерение провести анализ широкого спектра частот и одновременно получать информацию, как о преломлении, так и о поглощении образца. Однако, из-за многокомпонентности биологических систем и высокого содержания в них воды, трудно однозначно идентифицировать спектроскопический отклик биологических образцов. С этим связан тот факт, что спектроскопии крови и ее основных компонентов (плазмы, эритроцитов, лимфоцитов и тромбоцитов) в ТГц диапазоне частот посвящены единичные работы [3, 4]. При этом кровь содержит уникальную информацию о биохимических процессах, происходящих в организме, и анализ ее компонентов может помочь в ранней диагностике ряда заболеваний.

В данной работе представлен анализ применения ТГц спектроскопии пропускания и отражения для исследования крови человека и животных. Обсуждается вклад различных компонентов крови и плазмы в спектроскопический отклик при эритроцитозе и диабете. Показано, что спектроскопия в ТГц диапазоне частот чувствительна к изменению концентрации эритроцитов, содержанию глюкозы и глюкокортикоидных гормонов в крови.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант № 13-02-01364.

Литература:

1. Ангелуц А.А. и др. // Квантовая электроника. 2014. Т. 44. № 3. С. 247-251.
2. Angeluts A. et al // Abstract book. The 2-nd International Conference "Terahertz and Microwave radiation: Generation, Detection and Applications". 20-22 June 2012, Moscow. С.124.
3. Reid C. et al // IEEE J. Biomedical and Health Informatics. 2013. V. 17. N 4. P. 774.
4. Jeong K. et al // Journal of Biomedical Optics. 2013. V. 18. N 10. P. 107008-1.

Черкасова Ольга Павловна,

630090, Новосибирск, проспект ак. Лаврентьева, 13/3;

E-mail: o.p.cherkasova@gmail.com, Тел.: (383) 330-99-22, 8-965-823-11-92.

HOLOGRAPHIC IMAGING IN AN ATTENUATED TOTAL REFLECTION SYSTEM.

Yu. Yu. Choporova, M. S. Mitkov, V. S. Cherkassky, B. A. Knyazev, M. S. Vlasenko.

Особый интерес терагерцовый (ТГц) диапазон частот может представлять для биомедицинских технологий, при разработке новых методов диагностики, в связи со спектральными особенностями большинства биологически важных молекул в этой области спектра. Большинство живых объектов имеют высокий коэффициент поглощения в ТГц диапазоне, что затрудняет использование абсорбционной спектроскопии. В этом случае оптимальным методом оказывается спектроскопия нарушенного полного внутреннего отражения (НПВО). Метод НПВО основан на измерении коэффициента отражения от образца, помещаемого на поверхность прозрачной призмы с высоким коэффициентом преломления. В этом случае коэффициент отражения остается макроскопическим, но содержит информацию о комплексном показателе преломления образца. Возможность получать двумерные изображения с распределением оптических характеристик на поверхности образца открылась с появлением матричных приемников. Однако одной из практических проблем при использовании этого метода в его «изображающем» варианте является то, что поверхность образца оказывается наклонной по отношению к оптической оси системы. Ранее на Новосибирском ЛСЭ редкое

изображение в НПВО спектрометре получали сканированием плоскости образца вдоль оптической оси с последующим синтезом изображения. Этот способ не пригоден для получения изображений, например, динамически меняющихся объектов. В данной работе мы приводим результаты по записи и восстановлению изображений поверхности образца в НПВО-системе голографическим методом, впервые реализованном в терагерцовом диапазоне, и являющимся методом получения изображения в реальном времени.

ЭЛЛИПСОМЕТРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА НОВОСИБИРСКОМ ЛАЗЕРЕ НА СВОБОДНЫХ ЭЛЕКТРОНАХ.

Азаров И.А.^{1,3}, Ю.Ю. Чопорова^{1,2}, М.С. Митьков^{1,4}, Б.А. Князев^{1,2}, Швец В.А.^{1,3}

- 1) *ФГБУН Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук (ИЯФ СО РАН), Новосибирск, 630090, Россия.*
- 2) *ФГБУН Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова Сибирского отделения Российской академии наук (ИФП СО РАН), Новосибирск, 630090, Россия.*
- 3) *Новосибирский государственный университет, Новосибирск, 630090, Россия.*
- 4) *Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск, 630073, Россия.*

Эллипсометрия оптического диапазона в настоящее время является широко используемым методом исследования поверхностей и оптических свойств различных материалов. Переход к терагерцовым длинам волн зондирующего излучения открывает широкие перспективы применения эллипсометрических методик в различных областях, как науки, так и промышленности. Особый интерес терагерцовая эллипсометрия может представлять для биомедицинской диагностики. Спектроскопические измерения в терагерцовом диапазоне широко применяются, используя метод спектроскопии высокого временного разрешения (time-domain spectroscopy), либо методы Фурье-спектроскопии. В настоящей работе эллипсометрические измерения проводились на базе классической фотометрической эллипсометрической схемы с вращающимся анализатором, используя излучения Новосибирского лазера на свободных электронах в качестве источника излучения

В основе прибора лежит бескомпенсаторная PSA схема эллипсометрических измерений. Излучение модулировалось обтюратором с частотой 90 Гц, которая задавалась генератором, что позволяло реализовать схему синхронного детектирования. Часть излучения с помощью делительной пластины, изготовленной из полипропиленовой плёнки, отводилось в опорный канал, для компенсации нестабильности по мощности излучения лазера. Решеточные поляризаторы на полиэтиленовой основе 1200 штрихов/мм вращались с помощью шаговых двигателей с точностью позиционирования до $1'$. Для регистрации терагерцового излучения использовалось серийное тепловое приёмное устройство МГ-33. По результатам многочисленных экспериментов точность определения эллипсометрических параметров составила 0.5° для ψ и 0.03 для $\cos(\Delta)$.

Были выполнены измерения эллипсометрических параметров монокристаллического кремния в зависимости от угла падения при длине волны 147 мкм. Хорошее согласие позволило применить терагерцовый эллипсометр для изучения более сложных объектов. Образцы плёнок крови, нанесённых по специальной технологии на пластину кремния, были измерены, и толщины плёнок и их показатель преломления были определены. Исследование живых биологических объектов, классическим способом осложнено сильным поглощением ТГц излучения водой, которая в том или ином виде содержится во всех живых организмах. Эта проблема была решена вводом призмы нарушенного полного внутреннего отражения для исследования сильно поглощающих растворов и объектов. Эллипсометрические параметры призмы и нескольких тестовых образцов хорошо удовлетворяют расчетным данным, что позволяет использовать этот метод для решения сложных биологических задач.

ИССЛЕДОВАНИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА РФА-СИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ «ВОДА-ОТХОДЫ» НА ПРИМЕРЕ ТРЕХ КОНТРАСТНЫХ ХВОСТОХРАНИЛИЩ ХОВУ-АКСИНСКОЕ – КОМСОМОЛЬСКОЕ – КАРАБАШСКОЕ.

С.Б. Бортникова, О.Л. Гаськова, О.П. Саева, Н.В. Юркевич.

Среди природно-техногенных образований, сформировавшихся под воздействием горнодобывающей и металлургической промышленности, особое место занимают хвостохранилища. Складированные в них отходы содержат значительные концентрации токсичных элементов (As, Sb, Pb, Cd, Cu, Zn, Ni, Co и др.), которые активно выносятся инфильтрующимися атмосферными осадками в поверхностные и подземные воды, образуя техногенные геохимические аномалии. При изучении техногенных систем особое внимание уделяется исследованию формирования дренажных потоков [1], установлению закономерностей и форм миграции токсичных элементов в дренажных растворах [2]. Для исследования форм нахождения и поведения химических элементов в системе «вода-твердое вещество» проводят лабораторные эксперименты по выщелачиванию вещества отходов [3]. Геохимическая характеристика методом РФА-СИ вещества хвостохранилищ совместно с данными о составе прошедших сквозь них растворов дают возможность количественно определить закономерности взаимодействия «вода-порода». Исследование проведено на основе проточного эксперимента с веществом сульфидсодержащих отходов горнорудного производства с варьирующим количеством сульфидных и арсенидных минералов: отходы Карабашской обогатительной фабрики, Челябинская область (КМК); отходы Комсомольского золотоизвлекательного завода, Кемеровская область (КомЗИФ); и отходы горно-металлургического комбината «Тувакобальт», Хову-Аксы, республика Тыва (ТуваКобальт). Целью исследования было изучить поведение химических элементов при взаимодействии растворов с отходами горнорудного производства в зависимости от изменения физико-химических параметров среды и от химического состава вещества. Проточный эксперимент заключался в пропускании дистиллированной воды через вещество отходов в колонке с периодической продувкой воздухом. В эксперименте использовалась стандартная колонка размером 10 см (высота) × 8 см (внешний диаметр) × 6.5 см (внутренний диаметр). Эксперимент продолжался 22 недели. Методика выщелачивания соответствует в общих положениях [4]: а) образец массой 150 г загружается в колонку; б) заливается дистиллированная вода в количестве, достаточном для заполнения порового пространства (120 мл). Выдерживается 1 день для растворения солей, присутствующих в пробе изначально (образовавшихся *in situ*); в) сливается раствор, определяется pH, Eh, концентрации анионов (сульфат, карбонат, хлорид, фторид, нитрат), основных катионов и металлов; г) начинаются следующие 21 недели; в каждой неделе образец продувается ежедневно сухим воздухом (Air Pump, Output 0.0098С.С./Min), на 7-ой день производится смыв дистиллятом в объеме 100 мл и определяются все вышеуказанные характеристики раствора. Растворы анализировали методами потенциометрии (pH, Eh, Cl⁻, F⁻, NO₃⁻, NH₄⁺), турбидиметрии (SO₄²⁻). Катионный и микроэлементный состав растворов определялся методом ИСП-МС в аналитическом центре ИГМ СО РАН, аналитики И.В. Николаева и С.Ф. Нечепуренко. Формы нахождения элементов определялись расчетным путем с использованием программы и базы данных WATEQ4F [5]. Элементный анализ твердого вещества отходов определялся методом РФА-СИ на экспериментальной станции элементного анализа (накопитель ВЭПП-3) ИЯФ СО РАН (аналитик Ю.П. Колмогоров – ИГМ СО РАН). Отходы КМК продуцируют кислые дренажные воды с высокими концентрациями Fe, Al,

Cu, Zn, Cd, Pb, Ni отходы КомЗИФ и ТуваКобальт становятся источниками слабощелочных стоков с повышенными концентрациями As, Sb, Be, Se. Сравнение концентрации элементов в твердом веществе с содержанием элементов в полученных растворах позволило построить следующие ряды подвижности элементов: вещество хвостохранилища ТуваКобальт (рН растворов 8.5-9.12) Mo>Sb>K>As>Ca>Zn>Cu>Mn>Pb>Fe>Ti, отходы КомЗИФ (рН растворов 7.5-8.47) Mo>Sb>Ca>K>Cu>As>Mn>Zn>Fe>Pb>Ti, отходы КМК (рН растворов 2.3-3.24) Cu>Zn>Ca>Mn>K>Fe>Mo>As>Sb>Pb>Ti. Литература 1. Paktunc A.D. Characterization of mine waste for prediction of acid mine drainage // Environmental impacts of mining activities / Ed. J.M. Azcue. Berlin–New York: Springer, - 1999. - P. 19-40. 2. Бортникова С.Б., Гаськова О.Л., Айрияшц А.А. Техногенные озера: формирование, развитие и влияние на окружающую среду. – Новосибирск: Изд-во СО РАН филиал ГЕО, - 2003. – 120 с. 3. Гаськова О.Л., Бортникова Е.П., Бортникова С.Б., Андросова Н.В. Экспериментальное моделирование окислительного выщелачивания хвостов передела никель-кобальтовых руд // Химия в интересах устойчивого развития. - 2000. - № 8. - С. 373-380. 4. ASTM (American Society for Testing and Materials) D5744 96[1]. Standard Test Method for Accelerated Weathering of Solid Materials Using a Modified Humidity Cells. - 2001. - 13 p. 5. Ball J., Nordstrom D. User's manual for WATEQ4F, with revised thermodynamic database. - Menlo Park, California: U.S. Geological Survey. - 1991. – 51 p.

Абросимова Наталья Александровна, 630090, Новосибирск, проспект Академика Коптюга, 3; E-mail: AbrosimovaNA@ipgg.sbras.ru, Тел.: 8 913 895-06-45.

ТРЕНДЫ СОДЕРЖАНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ЛИСТЬЯХ *LONICERA CAERULEA* (CAPRIFOLIACEAE) В СВЯЗИ С ИХ ВТОРИЧНЫМ МЕТАБОЛИЗМОМ В ПРИРОДНЫХ ПОПУЛЯЦИЯХ ГОРНОГО АЛТАЯ.

И.Г. Боярских, О.В. Чанкина, А.И. Сысо, В.Г. Васильев.

ТРЕНДЫ СОДЕРЖАНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ЛИСТЬЯХ *LONICERA CAERULEA* (CAPRIFOLIACEAE) В СВЯЗИ С ИХ ВТОРИЧНЫМ МЕТАБОЛИЗМОМ В ПРИРОДНЫХ ПОПУЛЯЦИЯХ ГОРНОГО АЛТАЯ И.Г. Боярских¹, О.В. Чанкина², А.И. Сысо³, В.Г. Васильев⁴ 1) Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, Новосибирск, Россия 2) Институт химической кинетики и горения СО РАН, Новосибирск, Россия 3) Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск, Россия 4) Институт органической химии им.Н.Н. Ворожцова СО РАН, Новосибирск, Россия Изучение трендов изменения содержания химических элементов в растениях необходимо для решения целого ряда задач, в том числе связанных с биоиндикацией состояния окружающей среды. Концентрирование микроэлементов до определенных уровней характерных для разных видов растений и синтез биологически активных соединений (БАС) находятся между собой в корреляционной зависимости и представляют единый интегральный фактор их видовой специфичности. В почвах и листьях *Lonicera caerulea* L. (жимолости синей) валовое содержание элементов определялось методом рентгенофлуоресцентного анализа с использованием синхротронного излучения (РФА СИ) на станции элементного анализа Сибирского Центра Синхротронного и Терагерцового Излучения ИЯФ им. Г.И. Будкера СО РАН (накопитель ВЭПП-3). Оценка относительного содержания БАС проводилась методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. Полученные данные свидетельствуют о существенных различиях в элементном составе листьев жимолости в разных эколого-географических условиях Горного Алтая. Теректинский и Северо-Чуйский хребты выделяются наименьшим содержанием в листьях *L. caerulea* большинства макро- и микроэлементов. Южно-Чуйский хребет отличается малой

концентрацией в листьях К и Са, но высокими значениями микроэлементов Ti, V, Fe, Cu, Ni, Br, Rb, Y. В листьях жимолости с Курайского хребта содержится самое большое количество основных зольных макроэлементов К, Са и практически всех исследуемых микроэлементов. По высокому содержанию макроэлементов выделяются листья с Айгулакского хребта, но они имеют низкий уровень накопления Ni, Cu, Zn, Sr и Br. Катунский хребет также характеризуется высоким содержанием К, Са и микроэлементов Мо и Pb в листьях растений, но отличается самыми низкими концентрациями Cr, Mn, Fe, Co, Zn, Br и Rb. Выявленные значительные различия накопления макро- и микроэлементов, а также их соотношений в ассимиляционных органах растений объясняются высокой неоднородностью геологической среды, связанной с тектонической активностью этой горной системы и различными рудопроявлениями, обеспечивающими формирование специфических геохимических зон, а также гидротермическими условиями. Из 21, исследованных РФА СИ методом элементов, наибольшее количество достоверных на 95% и более высоких доверительных уровнях линейных связей с отдельными классами БАС установлены для микроэлементов Cu, Fe, Ni и Zn, немного реже для макроэлементов Са и К. Это еще раз подтверждает связь между жизненно важными именно для этого вида химическими элементами и определенными классами полифенолов. В зависимости от района исследования, корреляционные зависимости могли быть как отрицательными, так и положительными. к.б.н. Ирина Георгиевна Боярских, irina_2302@mail.ru Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, ул. Золотодолинская.

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ СИГНАЛЫ ПАВОДКОВЫХ СОБЫТИЙ, ВЫЗВАННЫХ ТАЙФУНАМИ, В ШЕЛЬФОВЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ, ПО ДАННЫМ СКАНИРУЮЩЕГО РФА-СИ ДОННЫХ ОСАДКОВ АМУРСКОГО ЗАЛИВА.

Астахов А.С.¹, Калугин И.А.², Аксентов К.И.¹, Дарьин А.В.²

¹*Тихоокеанский океанологический институт ДВО РАН им. В.И.Ильичева, Владивосток.*

²*Институт геологии и минералогии СО РАН им. В.С.Соболева, Новосибирск.*

Одним из направлений районирования побережий по тайфунной опасности может быть анализ прошлых событий - частоты прохождения тайфунов и масштабов катастроф, связанных с этим. На основе седиментационных записей в лагунных и озерных отложениях разработано специальное направление в науках о палеосреде - палеотемпестология. В данной работе в донных осадках Амурского залива Японского моря при субмиллиметровом сканировании керна по содержанию брома удалось выявить слои, сформированные осадочным материалом, выносимым рекой Раздольная при экстремальных паводках, сопровождаемых штормами на море. Их насчитывается девять за период с 1966 по 2012 гг. с промежутками от 1 до 10 лет.

Для исследований в 2012 г. в осевой части Амурского залива были отобраны 4 монолита осадков: колонка 12-4 длиной 76 см и 3 бокс-корера длиной 15-20 см. По длине из монолитов вырезались блоки размером 170x15x7 мм, которые анализировались с использованием рентгеноспектрального сканирования с синхротронным излучением (РФА СИ) с шагом 0.5 мм по ранее отработанной методике [1, 2]. Определялись концентрации Са, Mg, К, Ti, Mn, Fe, P, V, Cr, Ni, Cu, Zn, Mo, Pb, Rb, Ba, Sr, La, Ce, Y, Nd, Sn, Sb, Br, I, As, Se, Nb.

При анализе результатов РФА СИ с шагом 0.5 мм в осадках из осевой части залива (аноксидная зона) было выявлено специфическое распределение брома, отличающееся от распределения всех остальных элементов (рис. 1).

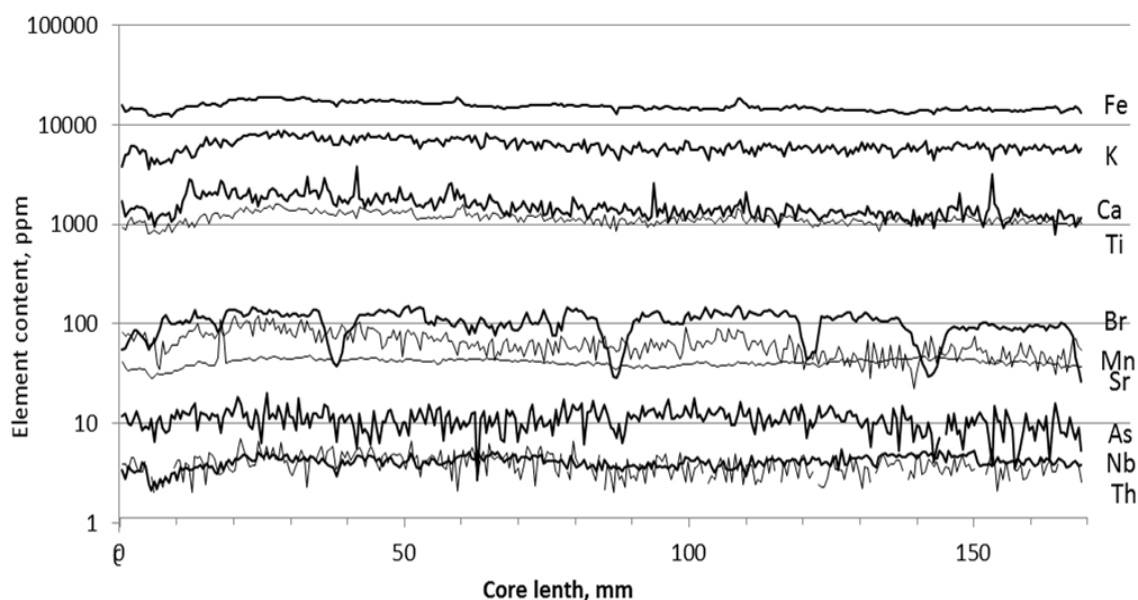
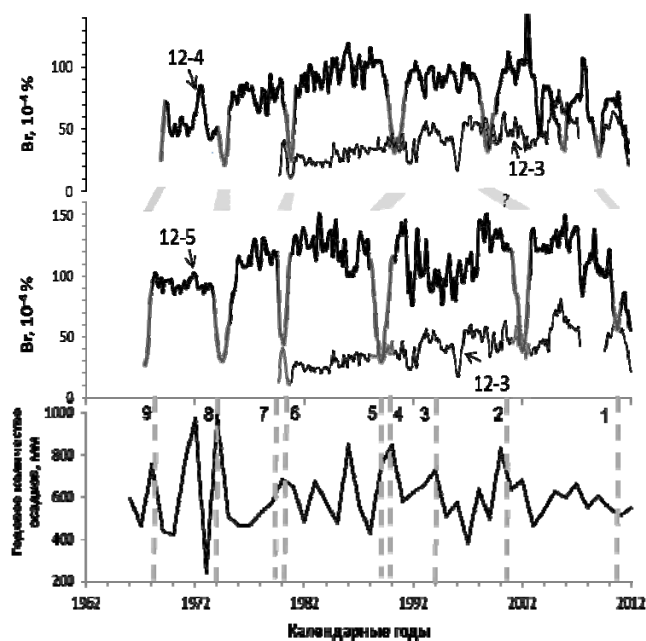


Рисунок 1. Вариации содержаний ряда химических элементов в монолите бокскорера 12-5 по результатам измерений РФА СИ с шагом 0.5 мм.

В колонках отчетливо выделяются прослойки толщиной 3-8 мм с минимальным содержанием элемента. Такое распределение не было отмечено в других монолитах Амурского залива из районов с окисными условиями. Причины такого аномального распределения брома заключаются в его специфическом геохимическом поведении. Известно, что бром – типичный океанический элемент, до 75 % его количества в земной коре находится в океане. В круговороте брома в природе важная роль принадлежит живым морским организмам, концентрирующим его из морской воды в производимых соединениях. Различия в содержании брома (и йода), а также отношение $Br(J)/C_{орг}$ часто используются для раз-

деления морских и континентальных отложений или для определения генезиса органического вещества в них.

Исходя из этого можно полагать, что слои с минимальным содержанием брома (СМБ) в осадках центральной части залива не содержат органический углерод вообще или содержат только терригенное органическое вещество. В осадках бокс-корера 12-3, отобранного вблизи устья реки Раздольная, содержания брома минимальны и соответствуют таковым в прослоях СМБ центральной части залива (рис. 2). Содержания же органического углерода в осадках этих районов примерно одинаково (1.5-2.5



%)

Рисунок 2. Корреляция отрицательных пиков содержаний брома в бокс-корерах 12-4 и 12-5 в сопоставлении с бокс-корером 12-3 на временной шкале с экстремальными наводнениями, вызванными тайфунами или глубокими циклонами (штриховые линии с цифрами):

1- тайфун Галас, 09. 2011; 2- циклон 08.2001; 3- тайфун Мелисса, 09. 1994; 4- тайфун Робин, 07.1990; 5- тайфун Джуди, 07.1989; 6 - тайфун Орчид, 09.1980; 7 - тайфун Ирвинг, 08.1979; 8 – тайфун Гилда, 06. 1974; 9 – циклон, 06-09.1968

Это может свидетельствовать о нахождении в осадках приустьевых взморья и в прослоях СМБ только аллохтонной (терригенной) органики с содержанием брома, пониженным относительно автохтонной (морской) органики. Подобные условия в регионе характерны для периодов прохождения тайфунов, которые неплохо синхронизируются с датировками СМБ. При скорости осадконакопления ~4 мм/год «слои палеотайфунов» и их мощность идентифицируются при дискретности измерений 0,5 мм, но уже при дискретности 1,06 мм их диагностика становится неочевидной.

Работа выполнена в рамках партнерского интеграционного проекта Сибирского и Дальневосточного отделений РАН №34.

Литература:

1) А. В. Дарьин, И. А. Калугин, Я. В. Ракшун. Сканирующий рентгеноспектральный микроанализ образцов донных осадков с использованием синхротронного излучения из накопителя ВЭПП-3 ИЯФ СО РАН // *Известия РАН. Серия физическая*, 2013, том 77, № 2, с. 204–206.

2) А.В.Дарьин, Я.В.Ракшун. Методика выполнения измерений при проведении рентгенофлуоресцентного анализа с использованием рентгеновской концентрирующей оптики (поликапиллярные линзы) // *Научный вестник НГТУ*, 2013, №2(51), с.119-129.

РЕКОНСТРУКЦИЯ ИЗМЕНЕНИЯ УРОВНЯ ОЗ.ШИРА В ПОЗДНЕМ ГОЛОЦЕНЕ НА ГОДОВОЙ ВРЕМЕННОЙ ШКАЛЕ.

Дарьин А.В., Калугин И.А., Третьяков Г.А., Максимов М.А.

Институт геологии и минералогии СО РАН, Новосибирск.

Рогозин Д.Ю., Зыков В.В.

Институт биофизики СО РАН, Красноярск.

Ракшун Я.В., Дарьин Ф.А., Сороколетов Д.А.

Институт ядерной физики СО РАН, Новосибирск.

Ранее нами было показано, что слоистые осадки соленого озера Шира (Хакасия) содержат годовые слои (варвы), пригодные для оценки скорости осадконакопления на разных участках керна [1]. Термодинамические расчеты показали, что наличие характерных белых слоев в осадке определяется повышенными содержаниями карбонатов и может быть связано с повышением солености озера, обусловленного резким понижением уровня [2]. Имеющиеся данные позволили перейти к построению количественной реконструкции уровня озера высокого временного разрешения.

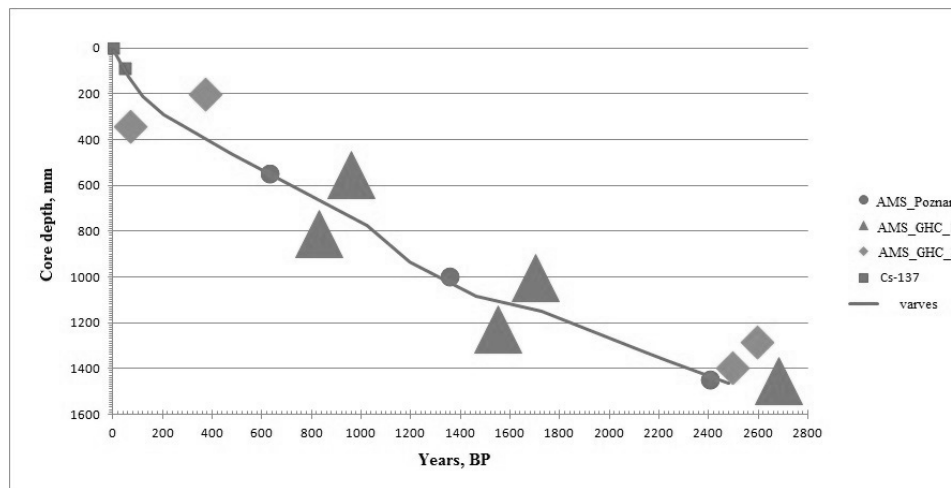


Рис.1. Временная модель для керна донных осадков оз. Шира, построенная по данным варвохронологии и изотопным анализам ^{137}Cs и ^{14}C .

Временная модель для исследуемого керна Ши́ра-2009 построена по данным изо-

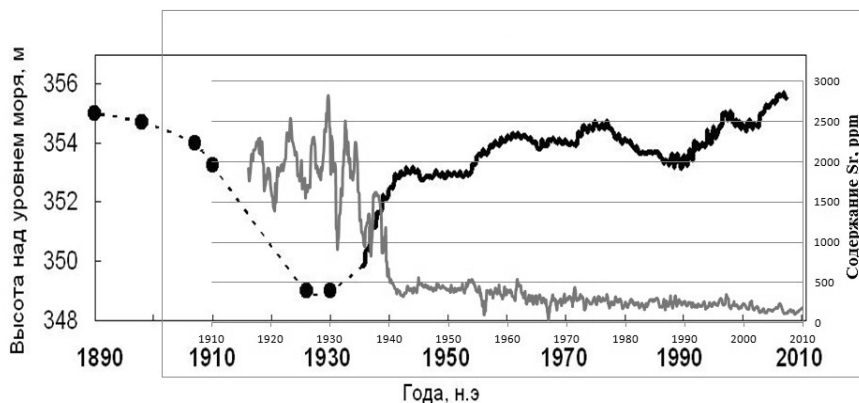


Рис.2. Сравнение инструментальных и исторических данных об уровне оз.Ши́ра с профилем содержания стронция на интервале керна донных осадков, соответствующем 1910-2010 гг. н.э.

топных исследований (^{137}Cs и AMS ^{14}C) и оценкам мощности годовых слоев на 9 участках керна (рис.1).

Твердые препараты, изготовленные из керна Ши́ра-2009 были исследованы методом сканирующего РФА с годовым шагом [3]. Данные об уровне озера были сопоставлены с геохимическими индикаторами и построена трансферная функция.

Для построения трансферной функции, связывающей уровень озера и геохимические индикаторы были отобраны те из них, которые имеют значимую корреляцию с реконструируемым параметром на интервале обучения (1910-1985 гг). Интервал обучения был ограничен 1985 г в связи с резко возросшим в это время техногенным влиянием на состояние озера. При этом учитывалось, чтобы размах варьирования на интервале обучения составлял не менее 80% от размаха варьирования на интервале реконструкции. Соблюдение данного критерия позволяет обосновано говорить о сходности современных и реконструируемых условий осадкообразования.

Методом множественной регрессии была рассчитана реконструкция уровня оз.Ши́ра для временного интервала 500-2000 гг. н.э. с годовым временным разрешением.

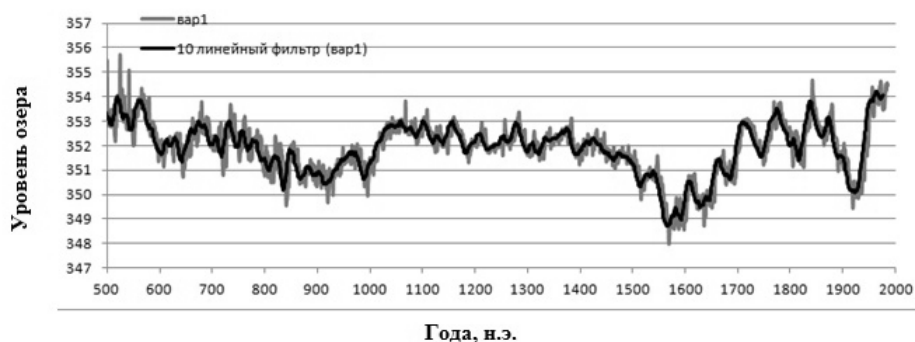


Рис.3. Реконструкция уровня оз.Ши́ра за последние 1500 лет, рассчитанная методом множественной регрессии по геохимическим индикаторам (ППП, XRD, Zn, Br, Sr).

Полученные результаты позволяют подходить к количественным оценкам тенденций и трендов аридизации в регионе Южной Сибири в период позднего голоцена.

Исследования поддержаны грантами РФФИ №13-05-00871, №14-02-00631 интеграционным проектом СО РАН №34.

Литература:

1) Kalugin I., Darin A., Tretyakov G., Rogozin D. SEASONAL AND CENTENNIAL CYCLES OF CARBONATE MINERALISATION DURING THE PAST 2500 YEARS FROM VARVED SEDIMENT IN LAKE SHIRA, SOUTH SIBERIA. *Quaternary International*. 2013. V. 290-291. p. 245-252.

2) Третьяков Г.А., Калугин И.А., Дарьин А.В., Рогозин Д.Ю., Дегерменджи А.Г. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ СЕЗОННОГО ОСАЖДЕНИЯ КАРБОНАТОВ В ОЗЕРЕ ШИ́РА (ХАКАСИЯ). *Доклады Академии наук*. 2012. Т. 446. № 2. С. 197.

3) Дарьин А.В., Калугин И.А., Ракшун Я.В. СКАНИРУЮЩИЙ РЕНТГЕНО СПЕКТРАЛЬНЫЙ МИКРОАНАЛИЗ ОБРАЗЦОВ ДОННЫХ ОСАДКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИНХРОТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ИЗ НАКОПИТЕЛЯ ВЭПП-3 ИЯФ СО РАН. *Известия Российской академии наук. Серия физическая.* 2013. Т. 77. № 2. С. 204.

ИССЛЕДОВАНИЕ СЕЗОННОГО ГЕОХИМИЧЕСКОГО СИГНАЛА В ГОДОВЫХ СЛОЯХ ДОННЫХ ОСАДКОВ ОЗ.ДОНГУЗ-ОРУН МЕТОДОМ СКАНИРУЮЩЕГО РФА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИКРОКАПИЛЯРНОЙ РЕНТГЕНОВСКОЙ ОПТИКИ.

Дарьин А.В., Калугин И.А., Максимова Н.В., Маркович Т.И.
Институт геологии и минералогии СО РАН, Новосибирск
Александрин М.Ю., Соломина О.Н.
Институт географии РАН, Москва
Ракшун Я.В., Дарьин Ф.А., Сороколетов Д.А.
Институт ядерной физики СО РАН, Новосибирск

Отбор образцов донных осадков озера Донгуз-Орун (Приэльбрусье) был проведен в августе 2012. Был получен керн мощностью 30 см с глубины около 7 м. Осадок представлен бежево-коричневой глиной с редкими линзами песка и имеет ярко выраженную слоистость. В предположении, что слоистость является годовой, было проведено детальное литолого-геохимическое исследование внутреннего строения слоев, позволяющее понять годовой цикл осадкообразования и выделить геохимические сигналы, маркирующие сезонные процессы. Для проведения подобных исследований требуется специальное оборудование и методики пробоподготовки. В первую очередь необходимо обеспечить точную геометрическую привязку области сканирования. Для этого необходимо приготовить оптический шлиф, позволяющий получить детальную картину внутреннего строения отдельных годовых слоев, но имеющий толщину не менее 20 мкм. Вторым важным условием является точная фокусировка пятна возбуждающего рентгеновского излучения на поверхности образца для уменьшения влияния подложки на качество рентгеновских спектров.

Для исследования образца керна оз.Донгуз-Орун нами использовалось оборудование станции «Элементный анализ» ЦКП «Сибирский центр синхротронного излучения» с поликапилярными рентгеновскими линзами, обеспечивающими получение пятна рентгеновского излучения диаметром 10 мкм [1, 2].

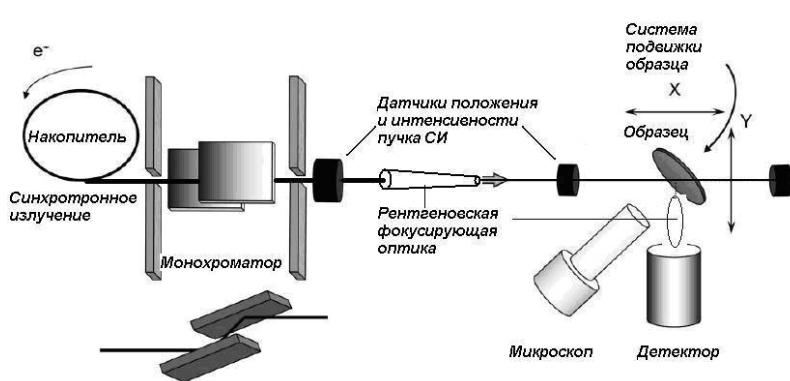


Рис.1 Схема станции сканирующего рентгенофлуоресцентного микроанализа.

В поликапилярной оптике управление рентгеновским излучением осуществляется на основе прохождения излучения через полые трубки – монокапиляры, собранные в пучки различных конфигураций. Пучок от источника фокусируется в пятно диаметром 10

мкм при фокусном расстоянии 2 – 10 мм. Фактор увеличения яркости составляет два-три порядка в зависимости от энергии возбуждения.

Исследован оптический шлиф, приготовленный из верхних 60 мм керна. Шаг сканирования составлял 30 мкм. Одновременно регистрировались аналитические пики следующих элементов: К, Са, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Ga, As, Br, Rb, Sr, Y, Zr, Nb. Поскольку количественное определение содержаний микроэлементов невозможно в связи с отсутствием аналогично приготовленного стандартного образца, полученные данные представлены в виде относительных величин, нормированных от 0 до 1.

Эффективным геохимическим маркером годовых слоев оказалось отношение Rb/Sr геометрически привязанное к началу годового цикла (весенний паводок).

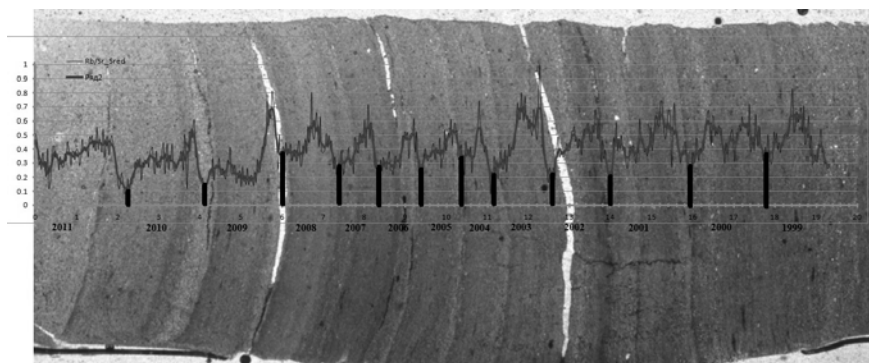


Рис. 2. Вариации отношения Rb/Sr вдоль профиля сканирования образца керна донных осадков оз.Донгуз-Орун. Максимум отношения маркирует начало годового цикла осадкообразования.

Образование геохимического сигнала связано с гравитационной дифференциацией вещества, обильно вброшенного в бассейн в результате сильного паводка. Слабо выщелоченные крупноразмерные частицы, первыми выпадающие в осадок, имеют меньшее отношение Rb/Sr, чем перекрывающие их мелкоразмерные частицы глины. После окончания паводка в озере устанавливается динамическое равновесие и дифференциации осадка по размеру частиц уже не наблюдается. Показано хорошее совпадение современной скорости осадконакопления, полученное по оценке мощности слоев и данным изотопных анализов (распределение активности ^{137}Cs и ^{210}Pb).

Исследования поддержаны грантами РФФИ №13-05-00871, №14-02-00631.

Литература:

- 1) Дарьин А.В., Ракшун Я.В. Методика выполнения измерений при проведении рентгенофлуоресцентного анализа с использованием рентгеновской концентрирующей оптики (поликапиллярные линзы) // *Научный вестник НГТУ*, 2013, №2(51), с.119-129.
- 2) Дарьин А.В., Калугин И.А., Ракшун Я.В. Сканирующий рентгеноспектральный микроанализ образцов донных осадков с использованием синхротронного излучения из накопителя ВЭПП-3 ИЯФ СО РАН // *Известия Российской академии наук. Серия физическая*. 2013. Т. 77. № 2. С. 204-206.
- 3) Дарьин А. В., Калугин И. А., Ракшун Я. В. Применение сканирующего рентгенофлуоресцентного микроанализа с использованием синхротронного излучения для изучения вариаций элементного состава годовых слоев в шлифах донных осадков оз.Телецкое // *Известия РАН. Серия физическая*, 2013, том 77, № 2, с. 210–211.

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ СРЕДНЕГОДОВЫХ ТЕМПЕРАТУР ПОСЛЕДНЕГО ТЫСЯЧЕЛЕТИЯ ПО ДАННЫМ ВЫСОКОРАЗРЕШАЮЩЕГО ЛИТОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКОГО РФА-СИ ИССЛЕДОВАНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ ЮЖНОГО БАЙКАЛА.

А.В. Дарьин¹, Е.Г. Вологина², И.А. Калугин¹.

1) Институт геологии и минералогии СО РАН, Новосибирск.

2) Институт земной коры СО РАН, Иркутск.

Исследования по стандартной методике сканирующего РФА СИ [1, 2] проводились на образцах донных осадков Южного Байкала (колонка 09-1). Для построения временной модели были использованы данные по скоростям осадконакопления керна Байкал_00-1, отобранного в этой же котловине, примерно в 1 км от керна Байкал_09-1. Результаты, полученные для керна Байкал_00-1 методом измерения активности космогенного изотопа ^{32}Si , позволили построить временную модель осадконакопления и датировать три турбидитных слоя [3]. В керна Байкал_09-1 можно выделить два турбидитных слоя, видимо одновозрастных с первым и вторым турбидитами керна Байкал_00-1, имеющими возраста 1670 и 1310 г.н.э. Приняв эту гипотезу, мы получаем возможность построить временную модель для исследуемого керна. Для точного построения временных рядов геохимических параметров очень важно правильно оценить границы каждого турбидитного слоя.

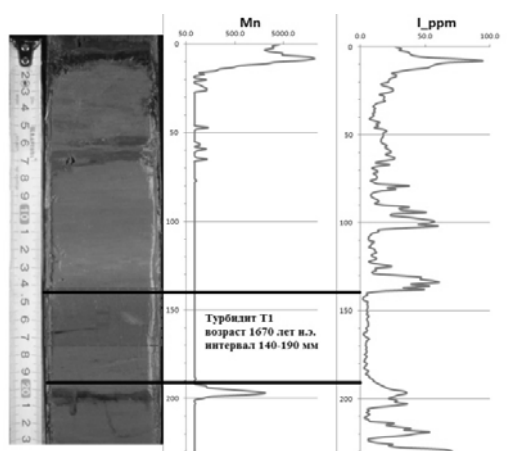


Рис.1. Турбидитный слой Т1 (датированный 1670 г.н.э.) выделен в керна Байкал_09-1 по литологическим и геохимическим данным. Турбидит первоначально был выделен по цвету осадка в интервале 140-175 мм от верха керна (граница вода-осадок). Однако, наличие т.н. «захороненного» пика марганца на глубине 190 мм, дает основания для расширения интервала турбидитного слоя (Т1) до 190 мм, что также совпадает с интервалом пониженных содержаний йода в осадке. Йод рассматривается как индикатор органогенной компоненты осадка.

По этому же критерию выделен второй турбидитный слой (Т2 возрастом 1310 л.н.э.) в интервале 285-335 мм. Для построения временного ряда турбидитные слои вырезаны из геохимических данных. Точкам, соответствующим вырезанным слоям, на шкале глубины по керна присвоены временные отметки – 1670 и 1310 л.н.э. Таким образом, полученные датировки были использованы для построения временной шкалы.

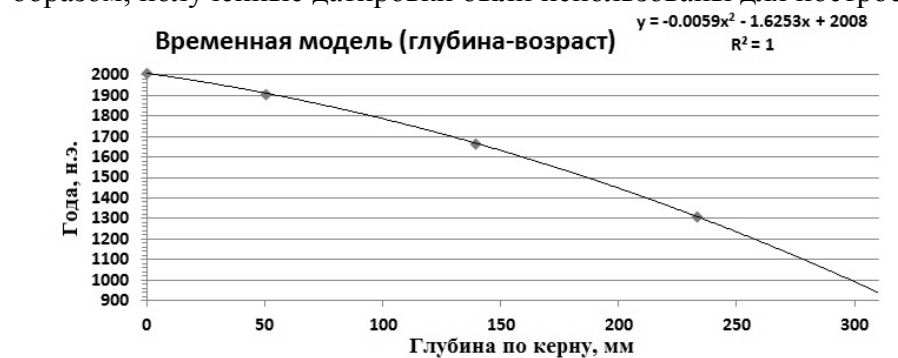


Рис.2. Временная модель для керна Байкал_09-1.

Для поиска геохимических индикаторов палеоклимата и построения трансферных функций (метеопараметр=функция состава осадка) была проведена процедура поиска корреляции климатических осцилляций с геохимическими рядами. В качестве метеопараметра использован временной ряд изменения среднегодовой температуры по данным метеостанции Иркутска за период 1873-2000 гг. Для построения трансферной функции были выделены 4 геохимических индикатора – содержания Zn, Br, I и Rb/Sr отношение. Коэффициенты корреляции с температурой представлены в таблице.

Таблица. Коэффициенты корреляции геохимических индикаторов со среднегодовой температурой по данным метеостанции Иркутск для временного интервала 1880-1990 гг.

| Индикатор | Zn | Br | I | Rb/Sr |
|--------------|------|------|------|-------|
| Коэфф. корр. | 0.54 | 0.47 | 0.58 | -0.36 |

Методом множественной регрессии была построена трансферная функция для реконструкции палеотемператур региона в интервале последнего тысячелетия. На рис.3 представлена полученная реконструкция среднегодовых температур Байкальского региона на интервале последнего тысячелетия, наложенная на реконструкции для Азиатской части Северного полушария по данным отчета Climate Change 2013 межправительственной группы IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). Основные тренды и климатические события в целом совпадают, за исключением временного интервала 1300-1370 г.н.э. Это расхождение может быть связано с региональными особенностями, учитывая что большая часть данных, использованных IPCC для Азиатской части, относится к территории Китая.

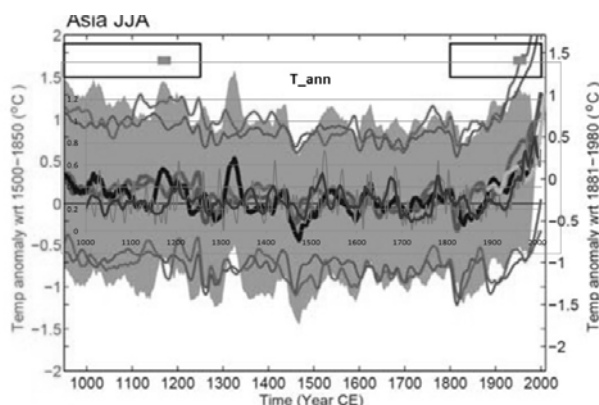


Рис.3. Реконструкция среднегодовых температур Байкальского региона на интервале последнего тысячелетия (синяя линия – годовые данные, красная линия – сглаженные по 5 годам), наложенная на реконструкции для Азиатской части Северного полушария по данным ICPP-2013.

Создана региональная модель климата последнего тысячелетия с годовым временным разрешением, проведено сравнение полученных результатов с другими данными по Центральной Азии и с глобальными реконструкциями на сопоставимой временной шкале.

Исследования поддержаны партнерским проектом СО РАН №34.

Литература:

- 1) А. В. Дарьин, И. А. Калугин, Я. В. Ракшун. Сканирующий рентгеноспектральный микроанализ образцов донных осадков с использованием синхротронного излучения из накопителя ВЭПП-3 ИЯФ СО РАН // *Известия РАН. Серия физическая*, 2013, том 77, № 2, с. 204–206.
- 2) А.В.Дарьин, Я.В.Ракшун. Методика выполнения измерений при проведении рентгенофлуоресцентного анализа с использованием рентгеновской концентрирующей оптики (поликапиллярные линзы) // *Научный вестник НГТУ*, 2013, №2(51), с.119-129.
- 3) U. Morgenstern, R. G. Ditchburn, E. G. Vologina, M. Sturm. ^{32}Si dating of sediments from Lake Baikal // *J. Paleolimnol* (2013) 50:345–352 DOI 10.1007/s10933-013-9729-3.

МЕТОДИКИ АНАЛИТИЧЕСКОЙ МИКРОСТРАТИГРАФИИ ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИНХРОТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ЛИМНОЛОГИЧЕСКИХ И ПАЛЕОКЛИМАТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ.

Дарьин А.В., Калугин И.А.
Институт геологии и минералогии СО РАН, Новосибирск.
Ракшун Я.В.

Реконструкция климатов прошлого необходима для понимания будущих изменений, поскольку длина рядов инструментальных метеоданных оказывается недостаточной для выявления длинно периодных климатических вариаций. Длина рядов метеонаблюдений обычно не превышает 100-150 лет, редкие наблюдения охватывают 200-300 летний исторический период. Таким образом, особую актуальность приобретают реконструкции длинных временных рядов климатических параметров по качеству сопоставимые с данными инструментальных метеонаблюдений: временное разрешение 1 год на тысячелетней шкале; калибровка по инструментальным метеоданным; количественная оценка возможных погрешностей (IPCC-2007, IPCC-2013).

Общенаучная ценность озер как объектов исследования заключается в том, что их донные отложения являются естественными «архивами» климатических изменений. Литолого-геохимический подход обусловлен тем, что состав озерных отложений определяют: 1) терригенный сток, связанный с породами питающей провинции; 2) соленость озерной воды, определяющая возможность аутигенного минералообразования; 3) органическое вещество, как аллохтонное, так и автохтонное; 4) аэрозоли. Каждая компонента осадка имеет специфический набор микроэлементов. Природные вариации скоростей поступления вышеперечисленных источников вещества приводят к формированию тонкой структуры осадка, несущей информацию о состоянии окружающей среды в момент образования данного слоя осадка. Авторами разработаны методики, позволяющие решать следующие исследовательские задачи:

- получение кернов донных осадков, перекрывающих временной интервал последних тысячелетий;
- построение временной шкалы осадконакопления (модель: глубина керна - возраст) на основе данных изотопных исследований (^{137}Cs , ^{210}Pb , ^{14}C) и варвохронологии;
- получение данных о распределении 20-25 микроэлементов по глубине керна с годовым временным разрешением с использованием разработанных методик аналитической микростратиграфии;
- установление корреляции состава, свойств и структуры донных осадков озер с основными климатическими параметрами региона за период инструментальных метеорологических наблюдений (последние 70-120 лет);
- выявление климатического отклика главных компонентов осадка - терригенной, биогенной, эоловой и аутигенной составляющих;
- формирование временных рядов, позволяющих построить региональные хронологии палеоклимата за период последних тысячелетий на основе полученных данных;
- сопоставление региональных хронологий с глобальными климатическими изменениями;
- выявление тенденции и периодичности региональных климатических вариаций;
- подготовка количественного прогноза региональных климатических изменений, обусловленных природными причинами, на ближайшие десятилетия.

Методики аналитической микростратиграфии разработаны авторским коллективом в последние 10 лет специально для задач высокоразрешающего исследования донных отложений. В наших исследованиях используется рентгеновский сканер на пучках синхротронного излучения, созданный в ЦКП «Сибирский центр синхротронного излучения» (ИЯФ СО РАН, Новосибирск) на базе ускорителя ВЭПП-3. Действующая установка позволяет проводить сканирование образцов керна с шагом 0.1-1 мм с одновременным определением 25-30 микроэлементов (от Cl до U) с пределами обнаружения от 0.1-1 г/т.

Нами разработана методика изготовления твердых препаратов из влажного керна, включающая три этапа: наложение бокса из алюминиевой фольги на поверхность осадка и

извлечение его из керна; замораживание в жидком азоте и сушка в лиофильной камере; насыщение полимером – смесью эпоксидной смолы и ацетона. Полученные препараты пригодны для длительного хранения, изготовления шлифов для изучения в оптическом микроскопе, для рентгеновских и других современных методов микроанализа.

Полученные аналитические данные позволяют строить ряды литолого-геохимических индикаторов на шкале последних тысячелетий с годовым временным разрешением. Калибровка по инструментальным данным Росгидромета позволяет трансформировать полученные сигналы в восстановленные записи фундаментальных климатических параметров: температуру и количество атмосферных выпадений. Климатические временные ряды анализируются методами математической статистики для выявления периодичностей разной длины и оценки роли этих осцилляций в изменении регионального климата. При этом для выявления периодичности нами используются как традиционные методики Фурье и вейвлет анализа, так и менее известные разложения на эмпирические моды с применением преобразования Гильберта-Хуанга.

На основе полученных закономерностей и выявленных периодичностей различного временного масштаба проводится подготовка количественного прогноза региональных климатических изменений, обусловленных природными причинами, на ближайшие десятилетия. Для этого используются: поиск аналогов климатических процессов в прошлом и их экстраполяция в будущее; числовое моделирование квазипериодических процессов и оптимизация гармонической функции; калибровка и синхронизация выявленных природных циклов с данными инструментальных метеонаблюдений. Представленный подход был реализован в последние годы на объектах Центрально-Азиатского региона.

Исследования поддержаны грантами РФФИ №13-05-00621, №13-05-00871.

Литература:

- 1) Дарьин А.В., Калугин И.А. Реконструкция климата горного алтая по данным литолого-геохимических исследований донных осадков озера Телецкое // *Известия Российской академии наук. Серия географическая*. 2012. № 6. С. 63-70.
- 2) Дарьин А.В., Калугин И.А., Ракшун Я.В. Сканирующий рентгеноспектральный микроанализ образцов донных осадков с использованием синхротронного излучения из накопителя ВЭПП-3 ИЯФ СО РАН // *Известия Российской академии наук. Серия физическая*. 2013. Т. 77. № 2. С. 204-206.
- 3) Дарьин А. В. и др. Природная периодичность системы седиментации озера Телецкое (Горный Алтай) за последние 2000 лет по данным высокоразрешающего сканирующего микроанализа на пучках синхротронного излучения из накопителя ВЭПП-3 (ИЯФ СО РАН) // *Известия Российской академии наук. Серия физическая*. 2013. Т. 77. № 9, с. 1359–1362.

СИСТЕМА ЮСТИРОВКИ ПОЛИКАПИЛЛЯРНОЙ ОПТИКИ НА СТАНЦИИ «РФА СИ».

Дарьин Ф.А.^{1,2}, Ракшун Я.В.¹, Сороколетов Д.С.¹

1-Институт Ядерной Физики имени Г.И. Будкера СО РАН, 630090 г. Новосибирск.

2-Сибирская Государственная Геодезическая Академия, 630108, г. Новосибирск.

Для увеличения пространственного разрешения рентгенофлуоресцентного анализа без существенного уменьшения интегрального сигнала используют фокусирующие устройства - рентгеновскую оптику. В условиях ограниченного пространства лучше всего зарекомендовала себя рентгеновская поликапиллярная оптика, которая дает увеличение плотности потока в фокусе на 3–4 порядка при диаметре фокусного пятна порядка 10 мкм.

На исследовательской станции «РФА-СИ» накопителя ВЭПП-3 ЦКП «СЦСТИ» выполнена модернизация экспериментального модуля и установлен прототип конфокального микроскопа на основе поликапиллярных линз. Разработана процедура юстировки поликапиллярных линз, которая позволила в автоматизированном режиме получить конфокальный объем высокого качества (рис. 1)

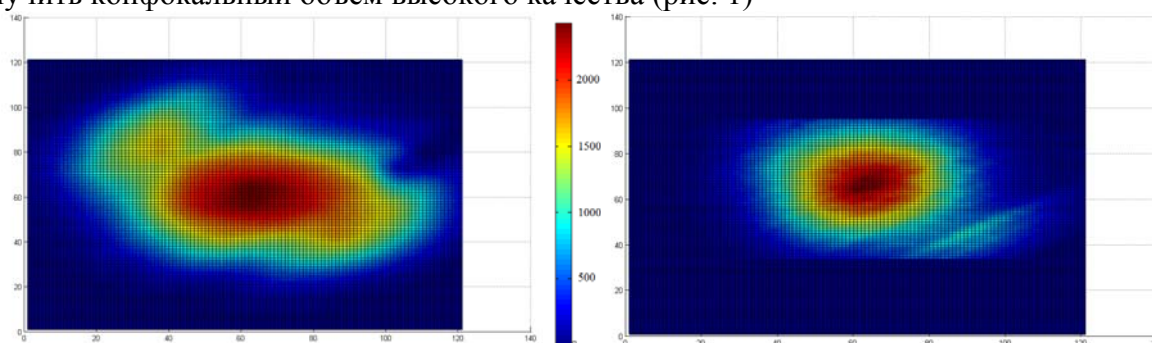


Рисунок 1 – Результат сканирования проволоки диаметром 10 мкм. Слева – после ручной настройки оптики, справа - после автоматизированной настройки.

Модельным образцом, при помощи которого наблюдались характеристики конфокального объема системы линз, являлась вольфрамовая проволока диаметром 10 мкм. В настоящее время на прототипе конфокального микроскопа выполняются эксперименты по исследованию пространственного распределения химических элементов в геологических и биологических образцах.

Работа поддержана грантом РФФИ № 14-02-00631

Дарьин Федор. fdaryin@gmail.com

ХИМИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ КРОВИ КОРЕННЫХ ЖИТЕЛЕЙ ЧУКОТКИ И ИХ СВЯЗЬ С АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ.

Л.А. Гырголькау¹, Э.Я. Журавская¹, Т.И. Савченко², О.В. Чанкина².

1. Федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-исследовательский институт терапии и профилактической медицины» СО РАМН, Новосибирск.

2. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химической кинетики и горения им. В.В. Воеводского СО РАН, Новосибирск.

Взаимодействия человеческих популяций со средой обитания широко изучаются. Влияние среды особенно сказывается на живущих в экстремальных условиях высоких широт малочисленных народностях Севера. Регионы проживания чукчей и эскимосов – типичный пример природной экстремальной зоны. Коренные народы всегда жили за счет ресурсов земли и моря, поэтому характерное для аборигенов Севера своеобразие питания с большим количеством белка и жира морских животных определяет особенности обмена микроэлементов. В экспедиционных условиях было проведено эпидемиологическое исследование жителей Чукотки (чукчи, эскимосы), проживающих в двух поселках с разной биогеохимической средой обитания (континентальная и прибрежная зоны). Определены антропометрические характеристики: рост, вес, объем талии, объем бедер, индекс массы тела у 160 чукчей и 55 эскимосов. Эти показатели являются косвенными критериями основных сердечнососудистых заболеваний. Элементный состав крови определяли у 98 чук-

чей и 36 эскимосов. Методом рентгенофлуоресцентного анализа с использованием синхротронного излучения (накопитель ВЭПП-3) в ЦКП СЦСТИ в крови коренных жителей Чукотки определены одновременно и достоверно концентрации элементов: K, Ca, Fe, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, Se, Br, Rb, Sr, Zr, Pb, Bi. Проведен корреляционный анализ взаимосвязи элементов в крови и некоторых антропометрических параметров. У мужчин чукчей обнаружена обратная связь Ca с индексом массы тела и с отношением объема талии к объему бедер, Br с объемом талии, с объемом бедер и отношением объема талии к объему бедер. У мужчин эскимосов наблюдается обратная связь роста с Ga и Br и прямая связь индекса массы тела с K и Cu, объема бедер и Ga. У женщин чукчей выявлены прямые связи Br с индексом массы тела, с объемом талии и объемом бедер, у женщин эскимосов – Zr с ростом, Bi с объемом бедер. Таким образом, Br имеет тесную связь со всеми антропометрическими показателями у обследуемых, как мужчин, так и женщин исследуемых популяций; K, Ni, Ga – у мужчин. У мужчин и женщин чукчей выявлена обратная связь антропометрических показателей и Ca, у эскимосов выявлена связь антропометрических показателей и Ga. Проанализирована связь частоты факторов риска сердечнососудистых заболеваний и содержания химических элементов у коренных жителей Чукотки. Установлено, что содержание элемента Se снижено у лиц с ожирением. В целом выявлены четкие ассоциации ряда антропометрических показателей и крайне важных для жизнедеятельности в суровых условиях Севера химических элементов. Работа выполнена при использовании оборудования ЦКП СЦСТИ и частично при финансовой поддержке Минобрнауки России.

E-mail:savchenko@kinetics.nsc.ru

ХИМИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ СОСУДИСТОЙ СТЕНКИ.

Э.Я. Журавская, Т.И. Савченко, О.В. Чанкина, Я.В. Полонская, А.М. Чернявский,
Ю.И. Рагино

Определение концентраций химических элементов в организме человека чрезвычайно важно для оценки состояния здоровья. Изменения в распределении микроэлементов между тканями очень значимы, поскольку они могут служить диагностическим тестом и прогнозом того или иного заболевания. Наиболее доступными для исследования тканями организма являются кровь и волосы и получено много данных по определению элементного состава. Особый интерес представляет изменение соотношения химических элементов в стенках сосудов сердца, мозга и конечностей. В 80-е годы прошлого столетия в рамках программ ВОЗ было изучено значение некоторых химических элементов в генезе сердечнососудистых заболеваний (ССЗ). В последние годы подобные исследования по выяснению значения химических элементов в атерогенезе продолжают на новом ветке знаний и новом современном уровне методических возможностей. Ранее наши исследования показали изменение спектра химических элементов в крови у больных с сердечнососудистыми заболеваниями, в том числе в возрастном аспекте. Дисбаланс химических элементов в тканях разных участков миокарда больных ишемической болезнью сердца (ИБС) исследован в работе Г.Н. Окуновой и др. Целью данного исследования являлось определение и оценка комплекса химических элементов в коронарных сосудах и аорте сердца. Методом рентгенофлуоресцентного анализа с использованием синхротронного излучения (накопитель ВЭПП-3) в ЦКП СЦСТИ определено и проанализировано содержание химических элементов в участках стенок аорты и коронарных сосудов с атеросклеротическими бляшками, взятых у мужчин с предполагаемым кальцинозом, аневризмой или расслоением аорты. Для определения химических элементов образцы готовили нанесением 25 мкл гомогената сосудов, полученного с помощью роторного диспергатора, на бумажный фильтр (Whatman grade 41) площадью 1 см². Получены стабильные результаты только для

5 элементов: Ca, Fe, Cu, Zn, Br. Зафиксированы концентрации элементов: K, Ti, Cr, Co, Se, Ni, Ga, Rb, Sr, Zr, Pb, значения которых ниже предела обнаружения и отличаются большой вариабельностью. Проведено сопоставление содержания Ca, Fe, Cu, Zn, Br в тканях сосудов с данными крови, тканей миокарда больных ИБС и здоровых лиц. В тканях сосудов отмечено значительное повышение содержания Ca и Cu по сравнению с тканями миокарда здоровых людей, концентрации Zn и Br снижены по сравнению с данными по тканям миокарда, как для здоровых, так и для больных людей. Таким образом, можно отметить, что в аорте и коронарных сосудах по сравнению с тканями миокарда здоровых людей повышено содержание Ca (в 4 раза), что может свидетельствовать о «кальциевом парадоксе» у данной группы больных ИБС. Работа выполнена при использовании оборудования ЦКП СЦСТИ и финансовой поддержке Минобрнауки России.

ИССЛЕДОВАНИЕ АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ НАХОДОК ИЗ КУРГАНОВ ЗНАТИ НАРОДНОСТИ ХУННУ (НОИН-УЛА, МОНГОЛИЯ) МЕТОДАМИ РФА-СИ И МИКРО-РФА-СИ.

В. В. Зверева, В. А. Трунова, Н. В. Полосьмак, Д. С. Сороколетов, Д. И. Кочубей,
В. В. Кривенцов.

В 2006 и 2009 годах совместная Российско-монгольская экспедиция продолжила исследование захоронений в горах Ноин-Ула, Северная Монголия. Все курганы принадлежат к культуре кочевой народности хунну и датированы I в. до н.э. - I в. н.э. Исследованы 3 кургана знати хунну. На месте захоронения было обнаружено множество пряжей волос, фрагменты шерстяных тканей, костей, зубной эмали, зерна злаков, деревянные лаковые изделия. Сохранились бронзовые, медные предметы, а также ряд серебряных и позолоченных изделий. Археологические находки были исследованы рядом рентгеновских методов: РФА ЭД, РФА-СИ, микро-РФА-СИ, методом рентгеновской компьютерной томографии высокого разрешения, методом электронной микроскопии. Ранее было обнаружено чрезвычайно высокое содержание Cu (до 1,6 % вес.) в исследуемых образцах волос из погребений, а также повышенное содержание Cu в зубной эмали. Для этих образцов были получены EXAFS- и XANES-спектры для установления ближнего окружения атомов меди. Были также обнаружены высокие уровни содержания Fe, Pb и Hg в образцах волос. Проведен корреляционный анализ для всех исследуемых типов объектов, обнаружены сильные корреляции между содержанием Mn, Sr и Fe, а также Cu и Pb в образцах волос и костей. Особый интерес представляет исследование распределение химических элементов внутри волоса – методом микро-РФА-СИ (пространственное разрешение 15 мкм) с использованием поликапиллярной оптики, в конфокальной геометрии, было проведено сканирование отдельно взятого волоса с целью получения картины распределения химических элементов в его поперечном сечении.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В КЕРНЕ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗЕРА «ФУМАРОЛЬНОЕ» (КАЛЬДЕРА УЗОН, КАМЧАТКА).

Кириченко И. С.

Институт геологии и минералогии им.В.С.Соболева СО РАН, Новосибирск

Данные о содержании химических элементов в донные отложениях озер при непрерывном осадконакоплении отражают летопись формирования озерных осадков, темпы

(скорости) роста осадка, а также физико-химические условия образования. Известно, что содержание различных химических элементов в озерных отложениях отражают палеоклиматические условия, при которых происходило осадконакопление [1,2,3]. В случае термальных озер, функция зависимости концентрации химических элементов в слоях донных отложений от климатических условий внешней среды зависит в меньшей степени и более чувствительна к изменению вулканической, сейсмической обстановки данного региона, а также к геологическим процессам влияющим на транспортировку гидротермальных вод, т.к. гидротермальные экосистемы имеют свой собственный микроклимат, мало реагирующий на изменения глобального климата, если только эти изменения не носят катастрофического характера (они не замерзают в сильные морозы, не пересыхают в засушливое время года; незначительным температурным изменениям, изменениям в минеральном составе воды, связанным с внешним климатом подвергается лишь поверхностная вода озера; температура и минеральный состав основной толщи воды в термальных озерах зависит от гидротермальной активности вод, питающих данное озеро).

В настоящей работе представлены результаты исследования керн донных отложений (УФ1) термального озера Фумарольного. Озеро Фумарольное самое большое термальное озеро кальдеры вулкана Узон. Расположенное в северо-центральной части кальдеры озеро образовано на месте нескольких крупных фреатических воронок взрыва диаметром до 150 м и глубиной до 25 м. Отбор проб проводился в точке с координатами N 54°30'7.40" E 159°59'16.85" рядом с термальным выходом. Отбор проб проводился в мае 2012 года. Пробоотбор осуществлялся с помощью цилиндрического пробоотборника с вакуумным затвором, длиной 40 см, позволяющего отбирать пробы донных отложений без нарушения их структуры. После отбора керн донных отложений извлекался из пробоотборника и упаковывался в полимерную пленку для его сохранности при транспортировке.

Целью наших исследований являлось получение распределения химических элементов вдоль профиля керн донных отложений для дальнейшего восстановления физико-химических условий образования осадка.

Для определения концентраций химических элементов вдоль профиля керн донных отложений озера Фумарольное был применен метод неразрушающего сканирования РФА с использованием синхротронного излучения на станции коллективного пользования СЦСТИ (Сибирский центр синхротронного и терагерцового излучения), накопитель ВЭПП 3 в Институте ядерной физики СО РАН имени Будкера. Для получения количественных данных был использован метод внешнего стандарта.

Использовались два режима анализа: с энергией источника 27 кэВ и 40 кэВ, первый – для определения элементов от К до Мо, второй – для определения более тяжелых элементов, вплоть до Ва, а также для верификации полученных в предыдущих сериях анализа данных. Шаг сканирования 1 мм.

На рисунке представлено распределение основных химических элементов присутствующих в разрезе керн. Для верификации полученных данных в некоторых точках разреза были проведены анализы вещества методом атомной абсорбции. Данные хорошо согласуются между собой, но в отличие от дискретных значений концентраций элементов, полученных с помощью метода атомной абсорбции, метод сканирования РФАСИ позволяет восстановить непрерывную функцию изменения содержания химического элемента от глубины. Распределение большинства элементов вдоль разреза неравномерное, наблюдаются пиковые значения в концентрациях элементов, которые могут отличаться от средних значений концентраций по разрезу в 4-5 раз. Наиболее интересными в плане неоднородности по разрезу являются такие элементы, как Са, Sr, As, Sb, С, S, Zn; отдельно стоит выделить Cs, концентрация которого скачкообразно повышается более чем в пять раз на глубине 27.5 см.

Отдельно стоит отметить поведение функции содержания цинка от глубины. Это монотонно возрастающая функция, со средним значением концентрации цинка равным 70

ррт, график которой осложнен тремя «точечными» максимумами. Максимумы эти необычны своим «точечным» поведением, т.е. буквально пик максимума состоит из одной точки, т.к. шаг сканирования равнялся 1мм, то можно сделать вывод, что размеры аномалии, отвечающей за повышенное содержание цинка, имеют незначительные геометрические размеры, не превышающие 0,1-0,2мм в поперечном сечении. Ввиду малых размеров данных частиц, исследование их другими методами анализа представляется весьма проблематичным

Данные о химическом составе донных отложений в дальнейшем планируется использовать для реконструкции физико-химических условий образования осадка. Для выявления геохимических маркеров гидротермальной активности региона.

Литература:

1. V.A. Bobrov, I.A. Kalugin, M.A. Phedorin SRXFA of element composition of bottom sediments from Teletskoye Lake // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research 1998, V 405, P 569–571
2. E. L Goldberg; M. A Phedorin; M. A Grachev; V. A. Bobrov; I. P Dolbnya; O. M. Khlystov; O. V Levina; G. A. Ziborova, Geochemical signals of orbital forcing in the records of paleoclimates found in the sediments of Lake Baikal // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A, 2000, V448, I 1-2, p. 384-393.
3. M.A. Phedorin, V.A. Bobrov, K.V. Zolotarev Synchrotron radiation X-ray fluorescence analysis of VEPP-3 of the bottom sediments of Lake Baikal to perform a paleoclimatic reconstruction // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. 1998 V 405, P 560–568

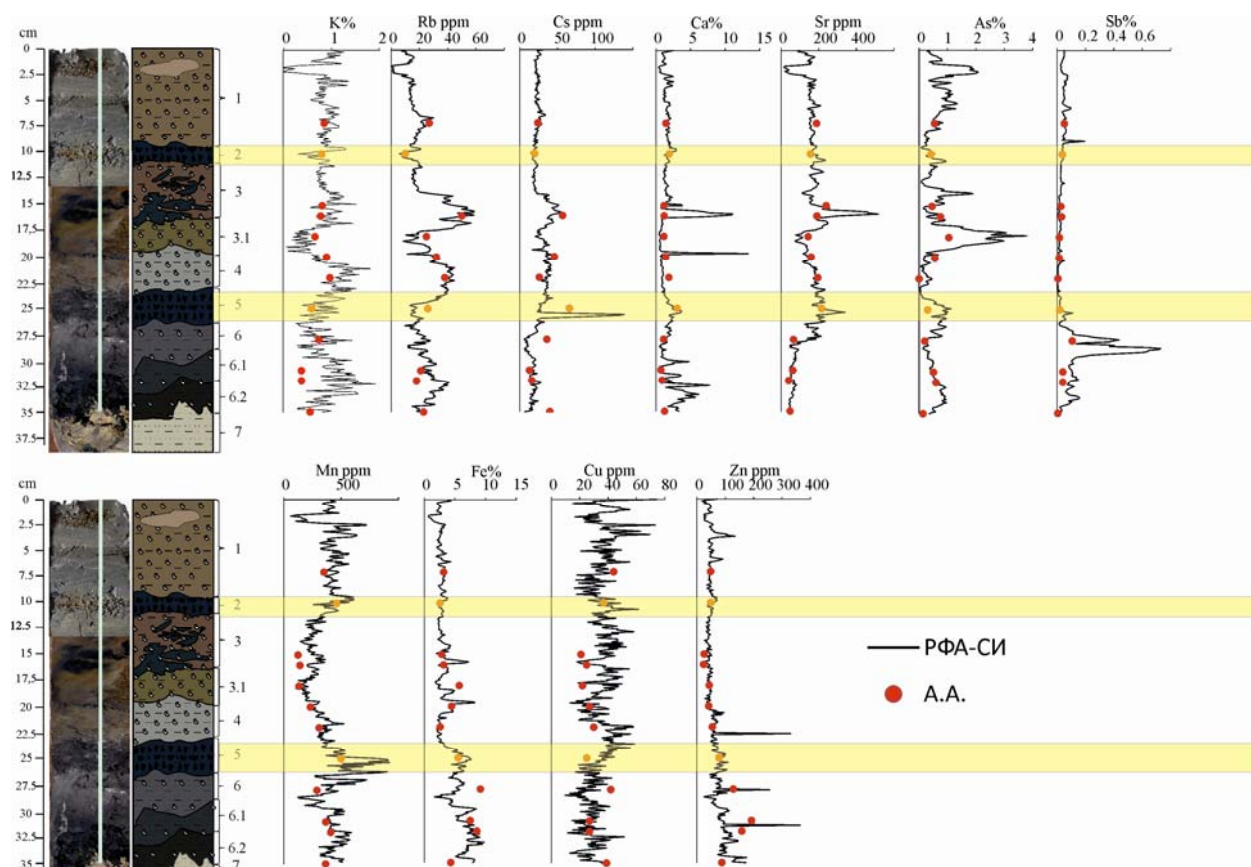


Рис.1 Распределение химических элементов вдоль профиля крена донных отложений озера «Фумарольное», полученное с помощью сканирования РФАСИ, в сравнении с данными, полученными методом атомной абсорбции.

Кириченко Иван Сергеевич,

ИССЛЕДОВАНИЕ ДОННЫХ И ОЗЕРНО-БОЛОТНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА МЕТОДОМ РФА СИ.

Ю.Н. Маркова¹, Е.В. Кербер¹, Е.А. Анчутина², К.В. Золотарев³

¹ФГБУН Институт геохимии СО РАН им. А.П. Виноградова, Иркутск, Россия.

²ФГУП Уральский НИИ метрологии, Екатеринбург, Россия.

³ФГБУН Институт ядерной физики СО РАН им. Г.И. Будкера, Новосибирск, Россия.

Донные и озерно-болотные отложения Байкальского региона представляют особый интерес для исследователей, поскольку в них заключена история становления современного климата и природной среды. Рентгенофлуоресцентный анализ с применением синхротронного излучения (РФА СИ) выполнен в Центре коллективного пользования «Сибирский центр синхротронного излучения» (Институт ядерной физики СО РАН). Была оценена возможность применения методики РФА СИ для анализа состава торфа озерно-болотных отложений, поскольку они отличаются по составу от донных осадков и имеют повышенное содержание органического вещества, что делает их схожими с растительными материалами [1]. Было установлено, что данную методику можно рекомендовать для получения аналитических данных при использовании стандартных образцов растительного состава, в том числе, и для определения массовых долей таких важных при палеоклиматических реконструкциях и экологическом мониторинге элементов, как бром и мышьяк. Полученные содержания элементов, таких как, Са, Fe, Sr, Вг отражают изменения условий осадконакопления. Результаты исследования могут стать основой для определения основных закономерностей развития природной среды региона.

Основные результаты представлены в докладе.

Литература:

1. Маркова Ю.Н., Кербер Е.В., Анчутина Е.А. и др. Стандартные образцы. Оценка пригодности методики измерений состава горных пород для анализа растительных материалов рентгенофлуоресцентным методом с использованием синхротронного излучения, № 4, 19 – 24 (2014).

ОСОБЕННОСТИ МИНЕРАЛЬНОГО И МИКРОЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ДОННЫХ ОСАДКОВ ОХОТСКОГО МОРЯ.

Н.А. Пальчик¹, Т.Н. Мороз¹, Т.Н. Григорьева¹, А.Н. Деркачев², А.В. Дарьин¹,
П.А. Солотчин¹, А.Н. Жданова¹.

¹Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, Новосибирск.

²Тихоокеанский океанологический институт им. В.И.Ильичева ДВО РАН, Владивосток.

Методами рентгеновской дифрактометрии, рентгенофлуоресцентного анализа с использованием синхротронного излучения (РФА СИ) и инфракрасной (ИК) спектроскопии проведен анализ минералов, слагающих донные осадки скважины глубоководного бурения (18 метров) из котловины Дерюгина и района сноса реки Амур в Охотском море. Минеральный состав образцов из скважины представлен кварцем, плагиоклазом, хлоритом,

иллитом, иллит-сметтитом, каолинитом, иногда с примесью карбонатов и следами гипса, пирита, цеолитов, а также биогенным кремнеземом. Образцы сноса реки Амур также сложены преимущественно кварцем, плагиоклазом, каолинитом, слюдой мусковитового типа, разупорядоченным сметтитом и иллит-сметтитом. Содержания же элементов, таких как Mn, Ba, Ni, Zn, Rb и др., в осадках скважины выше, чем в районе сноса реки, где вместе с тем наблюдается большее, чем в колонке количество Th, U, Zn, возможно техногенной природы. Это показывает, что осадконакопление в Дерюгинской впадине не связано с конусом выноса реки Амур, как считают некоторые авторы. Современное осадконакопление в котловине Дерюгина имеет ряд особенностей, отличающих этот район от глубоководной части Охотского и других окраинных Восточных морей. Известно, что природные воды в районе этой котловины имеют минимальное содержание кислорода, что создает специфические условия осадкообразования. Здесь выявлены аномально высокие содержания Mn, Fe, Ba, а также Zn, V, Sr. Причем, самые высокие концентрации Mn и Ba наблюдаются в верхних горизонтах скважины (1 – 190 см) и в нижних (1332 – 1790 см). В этих же интервалах мы обнаружили максимальные содержания карбонатов: в верхней части колонки – это преимущественно кальцит, в нижней – Mn кальцит - кутногорит. ИК-спектры образцов из колонки и из района сноса реки показали, что карбонаты в разных количествах есть в первых и нет в последнем. Рядом авторов было показано, что максимальные содержания карбонатов в морских осадках обусловлены соответствующими глобальными пульсациями талых вод [1]. В средней части разреза карбонаты присутствуют в следовых количествах. Вдоль колонки в широких пределах варьирует содержание глинистой составляющей (от 10% до 60%). Ранее на примере изучения глинистых минералов голоцен-плейстоценовых отложений Охотского моря, вскрытых колонкой LV 28-40-5 [2,3] было показано, что основную палеоклиматическую нагрузку в ансамбле глинистых минералов несут смешанослойный иллит-сметтит и иллит. Наиболее ярким климатическим сигналом в минералогической летописи является концентрация сметтитовых слоев в иллит-сметтите, увеличение которой соответствует потеплению и увлажнению климата и наоборот. Этот показатель надежно фиксирует не только продолжительные, но и кратковременные климатические события. Согласно литературным данным, теплые и влажные интервалы в климатической летописи характеризуются повышенными содержаниями элементов Br, Ca, U, Ca/K, Sr/Rb, Sr/Ti, Y/Rb, холодные интервалы – максимальными K, Ti, La, Ce, Th, Ni, Cr [1]. Верхние 100 см разреза имеют большие количества первой группы элементов и иллит-сметтитовой составляющей, что соответствует теплему климату. В образце 110 см отмечаются повышенные содержания второй группы элементов и небольшое понижение иллит-сметтита, что свидетельствует о похолодании в этот временной интервал. Анализируя глинистую составляющую после напитки этиленгликолем и элементный состав исследуемых образцов, мы обнаружили, что последний реагирует быстрее на изменения окружающей среды, чем трансформация иллит-сметтитовой компоненты. Анализ особенностей кристаллохимии глинистой составляющей и элементного состава образцов по разрезу колонки позволил выделить как локальные, так и глобальные периоды похолодания, либо потепления, что можно сопоставить с глобальными и локальными изменениями окружающей среды, в том числе с палеоклиматическими событиями в системе Охотского моря.

Важная роль при изучении микроэлементов в осадках принадлежит глинистой компоненте из-за ее высокой сорбционной емкости. Поверхностные реакции глин, особенно сметтитов, имеют громадное биогеохимическое и экологическое влияние в почвах, водах, используются в промышленных процессах, в клинической практике и для утилизации отходов. Проведено исследование элементного и микроэлементного состава нон-тронитов, взятых из разных геохимических провинций дна Охотского моря, методом РФА СИ. Показано, что соотношение $Fe/(Fe+Al+Mg)$ составляет от 0.87 до 0.92 для образцов серии Lv41-12 из центральной части Охотского моря и от 0.79 до 0.84 для серии Ge99-43 из поствулканической постройки. Зафиксированы различия в содержаниях элементов K,

Ca, Mn, и Ti и микроэлементов таких как Cu, Ni, Pb, Rb, Sb, Sn, Y, которых больше в образцах серии Ge99-43. Последние являются более высоко зарядными, плохо окристаллизованными и имеют больше структурных дефектов, что свидетельствует о нестабильных быстро меняющихся условиях их кристаллизации.

В котловине Дерюгина были обнаружены обширные баритовые отложения с Fe-Mn корками и образцы из разных мест баритового поля были подняты. Эти Mn образования по минеральному и элементному составу отличаются от ранее изученных Fe-Mn корок гидротермальной природы из других районов Охотского моря [4]. Прежде всего, различие связано с отсутствием смектитовой компоненты, наличием барита, а также низким содержанием Fe (от 0 до 1.4%) во всех анализируемых точках, и практически полным отсутствием Ni и Co, что говорит о гидрогенной природе кристаллизации Mn-минералов в этом регионе.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 13-05-00074а

Литература:

1. E.L. Goldberg, S.A. Gorbarenko, A.D. Shaporenko, M.A. Artemova, A.A. Bosin, K.V. Zolotarev. // Nucl.Instrum. and Meth. A. 205.V. 543. P. 280-283.
2. Н.А. Пальчик, Э.П. Солотчина, Е.Л. Гольдберг, В.Н. Столповская, С.А. Горбаренко. // Журнал неорганической химии. 2008. Т. 53. № 6. С.938-946.
3. Э.П. Солотчина. Структурный типоморфизм глинистых минералов осадочный разрез и кор выветривания. Академическое издательство «Гео». 2009. 233 с.
4. Пальчик Н.А., Григорьева Т.Н., Мороз Т.Н., Деркачев А.Н., Гишинская Л.Г. // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. Декабрь 2009. Т. 6. № 4. С. 73-79.

Пальчик Надежда Арсентьевна,
630090, Новосибирск, проспект ак. Коптюга, 3;
E-mail: nadezhda@igm.nsc.ru, Тел.: (383) 333-29-03.

СПОСОБЫ УЛУЧШЕНИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНОГО АНАЛИЗА.

А.В. Сидорина, В.А. Трунова, К.В. Золотарёв, В.В. Кривенцов.

На экспериментальной станции рентгенофлуоресцентного анализа с использованием синхротронного излучения (ВЭПП-3, ИЯФ СО РАН) проводятся определения микро-элементного состава различных материалов. При работе по способу внешнего стандарта необходимым условием является близость поглощающих и рассеивающих свойств стандартного и исследуемого образца. Набор имеющихся образцов сравнения (стандартных образцов) часто ограничен. Информация о массовых коэффициентах ослабления рентгеновского излучения в различных материалах позволит рассчитать поправки на поглощение характеристического излучения и расширить круг используемых стандартных образцов и число элементов, определяемых количественно. Синхротронное излучение (СИ) обладает преимуществами по сравнению с излучением рентгеновской трубки, но при этом вносит в анализ ряд особенностей, которые необходимо учитывать. В связи с этим возникает проблема нормировки рентгенофлуоресцентных спектров. В данной работе измерены массовые коэффициенты ослабления в диапазоне энергий 6 – 12 кэВ для образцов биологического и геологического происхождения. По способу внешнего стандарта проводится расчет концентраций с использованием и без использования поправки на поглощение. Применялись различные способы нормировки рентгенофлуоресцентных спектров: площадь пика комптоновского рассеяния, интегральная величина тока накопительного кольца. Было показано, что при сильном отличии поглощающих свойств анализируемого и

стандартного образцов возможно получение достоверных количественных данных с учетом поправок на поглощение.

ПОЧВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ Г. НОВОСИБИРСКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА РФА СИ.

Т.И. Сиромля, С.А. Худяев, А.И. Сысо.

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск, Россия.

Для Новосибирска, как и для других крупных городов, актуально изучение состава и свойств городских почв и элементного химического состава листьев растений с нескольких позиций: почв – как среды обитания растений и буферной системы, аккумулирующей и нейтрализующей вредные вещества, выбрасываемые в атмосферу промышленностью и транспортом; листьев растений – как индикаторов их состояния с точки зрения обеспеченности элементами питания и загрязнения тяжелыми металлами.

На территории города вдоль крупных автомагистралей были отобраны образцы почв (глубина 0-5, 5-10 и 10-20 см) и растительности (листья тополя). Валовое содержание химических элементов (ХЭ) определяли как в почве в целом, так и отдельно по гранулометрическим фракциям, выделенным по методу Н.И. Горбунова. Содержание ХЭ в листьях тополя исследовали после их предварительного сухого озоления. Определение ХЭ проводили методом рентгенофлуоресцентного анализа с использованием синхротронного излучения (РФА СИ) на станции элементного анализа в Институте ядерной физики СО РАН (накопитель ВЭПП-3). Метод РФА СИ требует небольшой навески материала для анализа, что особенно актуально при изучении химического элементного состава почвенных фракций, а также позволяет определить весь комплекс ХЭ в одной пробе материала, давая этим возможность провести адекватный сравнительный анализ. Измерены концентрации 22 элементов.

Комплексный характер и рост интенсивности антропогенной нагрузки повышают уровень загрязнения почв до очень высокого, что способствует накоплению в них ХЭ выше значений ОДК. Среди элементов-загрязнителей обнаружены As, Cr, Cu, Ni, Pb, Sn, Zn. Практически все исследованные ХЭ аккумулируются в верхних слоях почвы, а с глубиной их содержание уменьшается.

Установлено, что значительный вклад в химический состав листьев вносят минеральные частицы размером <10 мкм, оседающие на поверхности растений. Большая часть ХЭ листьев (за исключением As и Pb) находится в кислотоустойчивой форме химических соединений. Аномально высокие концентрации мышьяка в растениях наблюдаются во всех точках, а олова – вблизи Оловокомбината (рис).

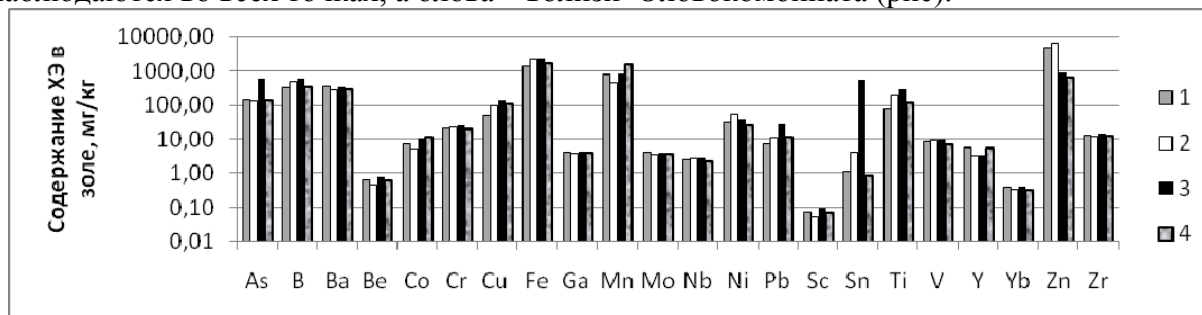


Рис. Содержание ХЭ в золе листьев тополя

(1 - Аэропорт "Северный", 2 - гостиница "Обь", 3 - Оловокомбинат, 4 - Академгородок)

Сильная достоверная корреляционная связь установлена между содержанием в почвах и в листьях растений As, B, Be, Cu, Ni, Sn, Yb, Zr. В целом содержание ХЭ в листьях тополей г. Новосибирска повышено по сравнению с городами Центральной России и Западного Кавказа.

к.б.н. Татьяна Ивановна Сиромля, tatiana@issa.nsc.ru,
Институт почвоведения и агрохимии СО РАН,
пр. ак. Лаврентьева, д. 8/2, Новосибирск, 630090, Россия

ХИМИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ В СИСТЕМЕ ПОЧВА-ЛИСТЬЯ ПОДОРОЖНИКА БОЛЬШОГО НА ТЕРРИТОРИИ Г. НОВОСИБИРСКА.

Т.И. Сиромля, М.А. Мяделец, О.В. Охлопкова, К.В. Качкин.

Исследование возможности применения лекарственных растений, произрастающих в антропогенно нарушенных местообитаниях представляет значительный интерес в связи с увеличением использования растительного сырья в медицине и сокращением территорий, не испытывающих антропогенной нагрузки. Подорожник большой (*Plantago major* L.) является ценным лекарственным растением, листья которого включены в Государственную фармакопею (ГФ) как лекарственное сырье. Цель работы – исследование содержания химических элементов (ХЭ) в системе почва – листья *P. major* и определение соответствия сырья, произрастающего в антропогенно нарушенных местообитаниях, показателям ГФ и СанПиН 2.3.2.1078-01 по допустимости к использованию в медицинских целях. Объектом исследования послужили образцы почв и листья *P. major*, собранные в фазу цветения растений на территории г. Новосибирска. В качестве объекта сравнения использовалось аптечное сырье. Определение ХЭ проводили методом рентгенофлуоресцентного анализа с использованием синхротронного излучения (РФА СИ) на станции элементного анализа в Институте ядерной физики СО РАН (накопитель ВЭПП-3). В почвах обследованных участков в некоторых случаях обнаружено превышение ориентировочно допустимых концентраций (согласно ГН 2.1.7.2511-09) Ni (24,3 мг/кг), Pb (87,3 мг/кг) и Zn (72,0-95,5 мг/кг). Содержание ХЭ в растительном сырье в целом соответствует образцам аптечного сырья и не превышает норм, приведенных в СанПиН 2.3.2.1078-01. Анализируя коэффициент биологического поглощения (отношение содержания элемента в золе растения к валовому содержанию в корнеобитаемом слое почвы), следует отметить, что данный показатель минимален для Na (0,004-0,011), Pb (0,02-0,14), несколько выше для Ni (0,05-0,13) и примерно одинаково варьирует у Cd, Cu и Zn – от 0,40 до 2,59. Из элементов высокой степени биогенности интенсивно поглощались K (2,21-3,06), Ca (2,25-5,52). Полученные результаты свидетельствуют о том, что городские почвы могут быть загрязнены ХЭ в количествах, превышающих существующие нормативы, но это явление не распространено повсеместно и наблюдается не для всех исследованных ХЭ. Растительное сырье *P. major*, выращенное даже на загрязненных территориях, является экологически чистым по содержанию тяжелых металлов и в целом соответствует образцам аптечного сырья. Превышение нормативных показателей в нескольких точках установлено лишь для содержания золы, что свидетельствует о повышенной запыленности данных образцов растительного сырья. Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 14-05-31211. к.б.н. Татьяна Ивановна Сиромля, tatiana@issa.nsc.ru Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, пр. ак. Лаврентьева, д. 8/2, г. Новосибирск, 630090, Россия.

МИКРОЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ПЫЛЬЦЫ ОБЛЕПИХИ КРУШИНОВИДНОЙ (*HIPPORHAE RHAMNOIDES*. L.).

Скуридин Г.М., Чанкина О.В., Куценогий К.П., Багинская Н.В., Ракшун Я.В.,
Сороколетов Д.

Благодаря высокой чувствительности и точности метода РФА-СИ, впервые удалось установить абсолютное содержание и коэффициенты биологического поглощения (КБП) группы из 21 химического элемента: К, Са, Тi, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Br, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Pb в пыльце облепихи крушиновидной (*Hippophae rhamnoides* L. ssp. *mongolica* Rousi), произрастающей в эндемичной климатической зоне Сибири. Метод позволил определить весь комплекс элементов в одной пробе материала, что дало возможность провести адекватный сравнительный анализ интенсивности их биологического поглощения и выявить ряд закономерностей. Установлено, что характер поглощения разных химических элементов пыльцой облепихи существенно различается, что свидетельствует об активной роли организма этого растения в их поглощении. При этом наблюдается значительное превышение концентрации ряда элементов над их средним содержанием в фитомассе надземных органов растений земной поверхности. По сравнению с другими растениями, пыльца облепихи интенсивно поглощает Fe и Cr (в 11 и 86 раз интенсивнее фитомассы соответственно) – элементы, официально признанные жизненно необходимыми. Кроме того, пыльца облепихи чрезвычайно интенсивно аккумулирует элементы, биологическое значение которых ещё не исследовано: • - Ti (превышение над показателем КБП земной фитомассы в 86 раз), • - Zr (превышение в 44 раза), • - Nb (превышение в 320 раз). При этом концентрация Zn, Br и Pb в пыльце облепихи превышает их почвенное содержание. Обратное явление биологического «отторжения» элементов при поглощении пыльцой облепихи обнаружено для Se и Са. Интенсивность накопления прочих изученных элементов пыльцой облепихи сопоставима с поглотительной активностью земной фитомассы, включая уровень аккумуляции токсичного элемента – As. Отмечено, что характер поглощения этого комплекса химических элементов пыльцой облепихи весьма близок к характеру поглощения их корнями – подземным органом, максимально удаленным от пыльников цветков в пределах растительного организма.

РЕКОНСТРУКЦИЯ ДИНАМИКИ ЛЕДНИКА ПЕРЕТОЛЧИНА (Восточный Саян) В XX ВЕКЕ НА ПРИМЕРЕ ИЗУЧЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ ПРОГЛЯЦИАЛЬНОГО ОЗЕРА ЭХОЙ.

О. Г. Степанова, В. А. Трунова, В. В. Зверева, А. В., Сидорина, А. П. Федотов

Донные отложения, сформированные с 1885 по 2013 гг. изучались, с временным разрешением год-сезон, методом РФА-СИ в режиме сканирования и традиционного анализа. В элементном составе донных отложений выделяются три группы элементов отображающих периоды, когда смещение переднего края ледника было интенсивным (Rb, Sr, Zr, Nb, Y и Th) или нет (Са, К, Ti, Fe и Mn) и интенсивность развития аквальной биоты (Ni, Cu, Br и U). В элементном составе донных отложений выделяют три группы элементов, отображающих поступление в озеро терригенной составляющей и развития биопродуктивности озера (Ni, Cu, Br и U). Предполагается, что увеличение содержания Са, К, Ti, Fe и Mn отображает поступление кластогенного материала в озеро, когда ледник находится в «стационарном» положении, и повышение интенсивности водотоков, выпадающих в озеро, происходило за счет потери мощности ледника при его таянии. Повышение содержания Rb, Sr, Zr, Nb, Y и Th связано с началом «движения» ледника и интенсификацией процесса ледниковой экзарации ложа ледника. На основе резкого увеличения скоростей осадконакопления в озере после 1920 г., мы предполагаем, что с этого периода ледник начал интенсивно деградировать, однако до 1947 г. ледник интенсивно терял в своей мощности, но отступление его нижней границы было незначительным. Ледник начал интенсивно отступать с 1947 по 1970 гг. наиболее быстро этот процесс проходил ~1953-1970 гг. Следующий период устойчивой деградации ледника начался с 1980 по 2000 гг., он был

синхронен с резким глобальным увеличением температур в Северном Полушарии. После 2000 г. темпы деградации ледника снизились.

ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ВИДОВ РОДА *PENTAPHYLLOIDES* (ROSACEAE) ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА РОССИИ.

Е.П. Храмова¹, О.В. Чанкина², Е.В. Андышева³, Я.В. Ракшун⁴, Д.С. Сороколетов⁴.

¹Центральный Сибирский Ботанический сад СО РАН, Россия, г.Новосибирск.

²Институт химической кинетики и горения СО РАН, Россия, г. Новосибирск.

³Амурский филиал Ботанического сада-института ДВО РАН, Россия, г.Благовещенск.

⁴Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН, Россия, г. Новосибирск.

Методом рентгенофлуоресцентного анализа с использованием синхротронного излучения (РФА СИ) на станции элементного анализа ЦКП СЦСТИ Института ядерной физики СО РАН (накопитель ВЭПП-3) впервые проведены исследования элементного состава дальневосточных представителей рода *Pentaphylloides* Hill: *P. fruticosa* – пятилистник кустарниковый, *P. mandshurica* - пятилистник маньчжурский *P. davurica* - пятилистник даурский, гибрид *P. davurica* x *P. sp.*, *Dasiphora gorovoi*.

Материалом исследований служили образцы *P. fruticosa*, *P. mandshurica*, *P. davurica* и *P. davurica* x *P. sp.*, произрастающие на Дальнем Востоке в Приморском крае, Амурской и Магаданской областях, и *D. gorovoi* из коллекции Ботанического сада-института ДВО РАН (БСИ, г. Владивосток). *P. fruticosa* и гибрид *P. davurica* x *P. sp.* имеют желтые венчики цветков, *P. mandshurica*, *P. davurica* и *D. gorovoi* – белые. Полученные данные могут быть использованы как в качестве хемотаксономических маркеров, так и для выявления видов с высоким содержанием макро- и микроэлементов.

Установлено, что для всех исследованных видов наибольшее накопление макроэлементов (К, Са) выявлено в листьях, наименьшее в цветках, за исключением вида *P. mandshurica*, у которого минимум отмечен в стеблях. Суммарное содержание микроэлементов в растениях рода *Pentaphylloides*, напротив, выше в стеблях и минимально в цветках, что согласуется с данными о специфическом распределении тяжелых металлов по органам растений. Сопоставляя разные виды, можно отметить, что суммарное содержание макроэлементов (К, Са) максимально в листьях и цветках *P. davurica* и стеблях гибрида *P. davurica* x *P. sp.*, которое превышает таковое в надземных органах *P. mandshurica* и *P. fruticosa* в 1.5 – 2.6 раза. Суммарное содержание микроэлементов, напротив, выше в надземных органах *P. mandshurica* и *P. fruticosa* в 1.1 – 4.1 раза, чем в остальных исследованных образцах.

P. davurica аккумулирует Са, Fe, Co, Ni, As, Se, Y, Zr и Nb, но не накапливает Mn и Sr. В листьях и цветках гибрида *P. davurica* x *P. sp.* обнаружено максимальное накопление Cr, Cu, Zn, Rb и Mo на фоне минимального содержания Ti, V, Fe, Co, Ni, As, Se, Y и Zr. *P. fruticosa* выделяется по превалирующему накоплению в цветках Ti, V, Mn, Fe, Co, Ni и Sr при минимальном количестве Y, Pb, Mo и Br; в листьях – Ni, Rb и Pb; в стеблях – Ti и Rb. Лидером по накоплению во всех надземных органах Mn и Br, в листьях дополнительно - Sr и Mo и стеблях - Cu, Zn и Pb является *P. mandshurica*. В стеблях *D. gorovoi* аккумулируются V, Se, Sr и Mo, в листьях – Ti, V, Y и Zr на фоне минимального содержания Co, Zn, Rb Nb, при этом не наблюдаются Cr и As.

Таким образом, каждому виду рода *Pentaphylloides* свойственен определенный состав и содержание элементов, характеризующие вид. У *P. fruticosa* и *P. mandshurica*, вне

зависимости от органа, достаточно высокое содержание микроэлементов, что выделяет их среди других видов.

Храмова Елена Петровна, khramova@ngs.ru
630090, Новосибирск, ул. Золотодолинская 101,
ЦСБС СО РАН. Тел.: (383)3399817.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТАВА ОТХОДОВ ГОРНОРУДНОГО ПРОИЗВОДСТВА ПРИ ПОМОЩИ РФА-СИ И ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ.

Юркевич Н.В., Бортникова С.Б., Карин Ю.Г., Саева О.П.

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, Новосибирск

Разработка полиметаллических месторождений Салаирского рудного поля в 1930-1970 х годах привело к стихийному образованию хранилищ отходов, до сих пор являющихся источниками поступления химических элементов (Zn, Pb, Cu, Cd, As, Sb, Co, Ni) в окружающую среду. Талмовские Пески – первое хвостохранилище СГОКа, образовалось в 1932 по 1942 гг. за счет складирования отходов обогащения барит-полиметаллических руд в русле р. Малая Талмовая в виде ленты шириной 30 м и протяженностью 8 км [1]. Преобразование сульфидсодержащего вещества в результате окисления кислородом воздуха и воды приводит к интенсивному выносу растворенных форм металлов в речную сеть [2-6]. Хвостохранилище Талмовские представляет интерес и с точки зрения повторного извлечения ценных компонентов, и с позиций оценки экологических рисков. Цель данной работы – разработка методики определения состава складированных отходов при помощи геохимических и геофизических методов исследования на примере хранилища Талмовские Пески.

В ходе летних полевых работ 2011 года были оконтурены площадки 235×235 м на поверхности хвостохранилищ Талмовские Пески, применены электротомография и частотное зондирование [7] для построения геоэлектрических разрезов хранилища по двум сонаправленным профилям, опробованы шурфы (глубиной до 3 м) в зонах с наименьшими сопротивлениями среды, приготовлены пасты (отходы : вода = 2:1), измерены величины УЭС прямым кондуктометрическим методом, рН и окислительно-восстановительный потенциал Eh в полевых условиях. Определен химический состав опробованного вещества отходов методом РФА-СИ и водных вытяжек (вода : отходы = 8 : 1) методом ИСП-МС. Построены корреляционные связи между УЭС отходов по результатам прямых кондуктометрических измерений, химическим составом вещества отходов и УЭС, измеренным при помощи частотного зондирования, сделана оценка состава хвостохранилища на глубине до 7 м.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Материал отходов, складированных в хвостохранилище Талмовские пески, неоднороден, имеет ярко-рыжую и бурую окраску и запах серной кислоты, сопротивление среды по данным частотного и вертикального электрического зондирования варьирует от 1 до 150 Ом·м. Значения рН паст отходов в зонах с наименьшей сопротивляемостью среды колеблются в диапазоне 2.8 – 3.6 единиц, окислительно-восстановительный потенциал – от +640 до +740 мВ, что свидетельствует об окисленности материала отходов. Удельное электрическое сопротивление, измеренное кондуктометрическим методом в пастах (УЭС_п), изменяется от 3 до 13 Ом·м и коррелирует ($K_{кор}=0.92$) с УЭС_{чз} по результатам частотного зондирования.

Графики изменения значений рН и УЭС по глубине зеркальны относительно распределения Eh: горизонты с наименьшими значениями рН, характеризуются высокими окислительно - восстановительными потенциалами и низкими сопротивлениями. Увели-

чение значений рН, снижение Eh и УЭС с глубиной объясняется поступлением в шурф слабощелочных грунтовых вод после отметки 1.2 м. Здесь же увеличиваются концентрации элементов в водных вытяжках (760 мг/л), что указывает на интенсивное выщелачивание.

Наименьшие значения УЭС характерны для самых нижних обводненных горизонтов с наиболее высокими концентрациями SO_4^{2-} , Cu, Zn, Cd в водных вытяжках. Интенсивное выщелачивание приводит к уменьшению содержаний металлов в твердом веществе и повышению концентраций в водных растворах, доля водорастворимых форм Cu, Zn, Cd в нижнем горизонте значительно выше, чем в верхних слоях и достигает 14 % для Zn, 5.7 % для Cd, 3.5 % для Cu.

Удельные сопротивления по результатам частотного зондирования ($\text{УЭС}_{\text{чз}}$, Ом·м) и суммарные концентрации Mn, Al, Fe, Cu, Zn, Cd, Pb, Sb (Σ , %) в изученных грунтах с глубин 0 - 1.6 м связаны уравнением с достоверностью 96 % (объем выборки N=18):

$$\Sigma = 20.701 \cdot (\text{УЭС}_{\text{чз}})^{-0.595} \quad (1)$$

Зная удельные сопротивления грунтов по данным частотного зондирования, можно приближенно вычислить изменение концентраций металлов в песках и, с меньшей достоверностью, в водных вытяжках до глубины 7 м.

Наибольшие концентрации Mn, Al, Fe, Cu, Zn, Cd, Sb, Pb в хвостах (9.0 мас.%) и водных вытяжках (760 мг/л) определены на глубине 1.6 м. После этой отметки, по прогнозным оценкам, концентрации элементов резко падают и достигают минимальных значений на глубине 7 м (3.4 мг/л в водной вытяжке и 1.7 мас.% в хвостах).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате работы были определены геоэлектрические свойства, химический состав и физические свойства вещества отходов в хвостохранилище СГОКа Талмовские пески с глубины 0-3 м, измерены величины УЭС на глубинах 0-40 м, построены корреляционные связи между УЭС и химическим (элементным) составом твердого вещества и растворов.

Значения удельных сопротивлений, полученных при помощи частотного зондирования, коррелируют с УЭС пасты, измеренным в полевых условиях, с коэффициентом корреляции $K_{\text{кор}}=0.92$.

Построены уравнения связи между $\text{УЭС}_{\text{чз}}$, полученными частотным зондированием, и концентрациями элементов в водных вытяжках и веществе отходов по данным РФА-СИ, что позволяет приближенно рассчитать элементный состав вещества и подвижность химических элементов на глубине по геофизическим данным.

Полученные результаты планируется использовать для разработки методики, позволяющей с одной стороны подсчитать ресурсы ценных компонентов в хвостах и, с другой стороны, оценить экологическую опасность хранилища при подтоплении сезонными потоками и грунтовыми водами.

Работа выполнена при финансовой поддержке фонда Президента РФ № МК-5724.2014.5 и РФФИ (12-05-33019-мол-а-вед, 12-05-31137-мол-а).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бортникова С.Б., Гаськова О.Л., Бессонова Е.П. Геохимия техногенных систем. – Новосибирск: Академическое изд-во «ГЕО», 2006. – 169 с.
2. Salomons W. Environmental impact of metals derived from mining activities: processes, predictions, prevention // Journal of Geochemical Exploration. – 1995. - V. 52. - P. 5-23.
3. Lottermoser, B.G., 2007. Mine Wastes. Characterization, treatment, environmental impacts. Second Edition. Springer Berlin Heidelberg, New York.
4. Мур Дж.В., Рамамурти С. Тяжелые металлы в природных водах. - М.: Мир, 1987. – 288 с.
5. Leybourne M., Goodfellow W., Geochemistry of surface waters associated with an undisturbed Zn–Pb massive sulfide deposit: Water–rock reactions, solute sources and the role of trace carbonate // Chemical Geology – V. 279, I. 1–2, 3. – 2010. – P. - 40-54.

6. Teršič T., Gosar M., Šajn R. Impact of mining activities on soils and sediments at the historical mining area in Podljubelj, NW Slovenia // Journal of Geochemical Exploration – V. 100. - I. 1. - 2009. - P. 1-10.
7. Манштейн А.К. Малоглубинная геофизика. – Уч. пособие. - Новосибирск: Издательство НГУ, 2002. – 135 с.

ЧЕТЫРЕХКАНАЛЬНЫЙ РЕНТГЕНОВСКИЙ МИКРОСКОП ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЛАЗЕРНОЙ ПЛАЗМЫ В ДИАПАЗОНЕ 1,5-9 КЭВ.

Д.А.Вихляев, Д.С.Гаврилов, А.Г.Какшин, А.В.Потапов, К.В. Сафронов, П.А. Толстоухов

Для исследования пространственных и спектральных характеристик лазерной плазмы установки СОКОЛ-П был изготовлен четырехканальный рентгеновский микроскоп, работающий по схеме Киркпатрика-Баеза [1]. Микроскоп позволяет получать изображения в диапазоне 1,5-9 кэВ с семикратным увеличением. В сочетании с зеркалами используются рентгеновские фильтры, что позволяет получать одновременно снимки в четырех узких областях энергий рентгеновских квантов указанном диапазоне. С помощью рентгеновского микроскопа были получены изображения лазерной плазмы с высоким пространственным разрешением. Применение рентгеновского микроскопа позволяет более точно проводить диагностику параметров плазмы, образующейся при воздействии сверхинтенсивных сверхкоротких лазерных импульсов на вещество. Экспериментальные данные, полученные с помощью рентгеновского микроскопа, могут применяться для тестирования новых теоретических моделей, описывающих формирование спектров многозарядных ионов в нестационарной плазме, нагреваемой сверхинтенсивным лазерным излучением. В настоящее время рентгеновский микроскоп используется для исследования лазерной плазмы установки СОКОЛ-П. [1] Kirkpatrick P., Baez A.V., J. Opt. Soc. Amer. – 1948. Vol. 38 – N 9. – P. 766–774.

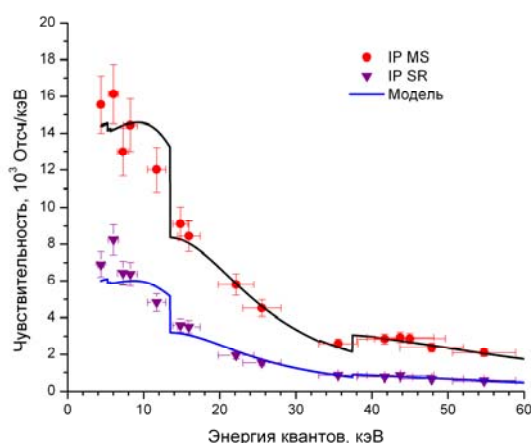
ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ПЛАСТИН FUJI MS И SR.

К.В. Сафронов, С.А. Горохов, В.А. Флегентов

Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский НИИ технической физики имени академика Е.И. Забабахина (РФЯЦ-ВНИИТФ), г. Снежинск, Россия, dep5@vniitf.ru

В докладе приводятся результаты изучения основных свойств фотолюминесцентных детекторов image plate, производимых компанией Fuji. В данной работе для активации детекторов использовалось излучение стационарной рентгеновской трубки, считывание производилось посредством сканера GE Typhoon FLA 7000 IP.

При измерении спектральной чувствительности применялся «метод селективных фильтров» - для выделения узкого диапазона из сплошного спектра рентгеновской трубки перед детектором устанавливались фильтры, пропускающие кванты с энергией вблизи К-скачка поглощения материала, из которого они изготовлены. График спектральной чувствительности показан на рисунке. Резуль-



таты измерений хорошо описываются моделью (представлена на рисунке сплошными линиями), согласно которой яркость изображения на IP-детекторе линейно пропорциональна поглощенной в чувствительном слое энергии, при этом коэффициенты пропорциональности различны для трех диапазонов энергии квантов, разделяемых К-скачками брома (13,47 кэВ) и бария (37,44 кэВ).

В ходе работы измерено пространственное разрешение детекторов, изучена зависимость яркости изображений от параметров сканирования: PMT и pixel size.

Кроме этого в докладе приводятся первые результаты исследования эффекта распада изображений на IP-детекторах со временем. Установлено, что данный эффект существенно зависит от температуры хранения детекторов.

АБСОЛЮТНЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОТНОСТИ МОЩНОСТИ ИЗЛУЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ТЕРМОЧУВСТВИТЕЛЬНОГО ИНТЕРФЕРОМЕТРА ФИЗО.

М. Г. Власенко, Б. А. Князев, А. А. Никитин, В. С. Черкасский

Создана новая модификация абсолютного измерителя распределения плотности мощности излучения на основе термочувствительного интерферометра Физо. Новый метод обработки данных в системе Matlab позволяет оперативно восстанавливать абсолютные значения распределения интенсивности пучка по его сечению по зарегистрированной в реальном времени серии интерферограмм. Измеритель способен регистрировать излучение в диапазоне от ультрафиолетового до терагерцового, исключая области прозрачности стеклянной или пластиковой плоско-параллельной пластинки интерферометра.

ИЗМЕРЕНИЕ НЕПРЕРЫВНОГО И ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКОГО РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА СУБПИКОСЕКУНДНОЙ ЛАЗЕРНОЙ УСТАНОВКЕ.

Д.А.Вихляев, Д.С.Гаврилов, А.Г.Какшин, Е.А.Лобода,
А.В.Потапов, К.В. Сафронов, П.А.Толстоухов.

Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский научно – исследовательский институт технической физики имени академика Е.И. Забабахина (РФЯЦ-ВНИИТФ) 456770, г. Снежинск Челябинской области, а/я 245, Россия. e-mail: dep5@vniitf.ru

В докладе представлены результаты экспериментов по исследованию спектров непрерывного и характеристического рентгеновского излучения лазерных мишеней, облучаемых ультракороткими лазерными импульсами при различных интенсивностях. По измеренным спектрам непрерывного рентгеновского излучения определена температура быстрых электронов, которая изменяется от 34 кэВ при $I=9,8 \cdot 10^{17}$ Вт/см² до 68 кэВ при $I = 1,2 \cdot 10^{19}$ Вт/см², что соответствует $T_{\text{hot}} \sim 14 \cdot (I \cdot \lambda^2)^{1/3}$. В экспериментах по измерению выхода K_{α} -излучения меди получено значение коэффициента конверсии лазерного излучения в энергию характеристического рентгеновского излучения. Величина конверсионной эффективности составила $\eta_K = (3 \pm 0,5) \cdot 10^{-4}$ при $I \sim 10^{18}$ Вт/см².

СТАТУС ВАКУУМНОЙ СИСТЕМЫ БУСТЕРА NSLS-II.

А.М.Семенов¹, В.В.Анашин¹, С.М. Гуров¹, А.А.Краснов^{1,2}, Н.-С. Hseuh³, Т. Shaftan³.

¹*Институт ядерной физики им.Г.И.Будкера СО РАН, Новосибирск, Россия*

²*Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия*

³*Брукхейвенская национальная лаборатория, Нью-Йорк, США*

В мае 2010 ИЯФ приступил к созданию бустера для синхротрона NSLS-II создаваемого в Brookhaven National Laboratory, USA. Одной из важных систем этого бустера является вакуумная система.

Бустер для NSLS-II обеспечивает накопление сгустков электронов с энергией 200 МэВ подъем энергии пучка до 3ГэВ. Суммарный заряд около 10 нКл, что соответствует среднему току пучка 20 мА. Периметр бустера 158,4 метров. Давление остаточного газа после накопления интеграла тока порядка 1 А·ч должно быть не хуже 1Е-7 Торр. Обеспечение вакуума осуществляется при помощи магниторазрядных насосов (всего насосов 72 штук) фирмы Gamma Vacuum со скоростью откачки 45 л/с, расположенных, в среднем, на расстоянии 2,3 метра друг от друга.

За время выполнения работ было решено ряд важнейших задач:

а) влияние вихревых токов на десорбцию газов (влияние незначительно, поскольку камера нагревается за счет вихревых токов на 3 °С);

б) влияние СИ на устойчивость вакуумных камер. Синхротронное излучение мощностью порядка 44 Вт/м (максимально в дефокусирующих магнитах), что приводит к неравномерному нагреву камеры в месте падения на 60 градусов Цельсия ($\Delta T = 62$ °С). Камера испытывает механические напряжения порядка 114,5 МПа при таком неравномерном нагреве при допустимых не более 150 МПа.

в) влияние СИ на десорбцию газов. Расчеты показали, что, несмотря на импульсный режим работы бустера (скважность по интенсивности синхротронного излучения составляет 1/7 при частоте повторения 2 Гц), десорбция газа под действием СИ будет превосходить термическую десорбцию.

Все вакуумные изделия проходили прогрев и вакуумные испытания (проверка на герметичность (натекание меньше 1Е-10 л·Торр/сек), снятие спектров остаточных газов и определение коэффициента термического газоотделения (не больше 1Е-12 л·Торр/сек/см²).

В настоящее время получены первые циркулирующие пучки с энергией 3 ГэВ.

E-mail: A.M.Semenov@inp.nsk.su

АКТИВИРОВАННЫЙ АЛЮМИНИЙ ДЛЯ ВОДОРОДНЫХ КАРТРИДЖЕЙ. МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ, МЕХАНИЗМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С ВОДОЙ

А.И. Низовский^{1,3}, А.А. Велигжанин², Я.В. Зубавичус², А.А. Новиков³, А.В. Калинин¹, А.Н. Шамаков¹, В.Н. Кручинин⁴, Н.И. Петрова⁵, М.В. Тренихин⁶, В.Ю. Мурзин², А.А. Чернышов², А.С. Хлебников², Р.А. Сенин², В.И. Бухтияров¹

¹*Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, Новосибирск*

²*Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», Москва*

³*Омский государственный технический университет, Омск*

⁴Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН, Новосибирск

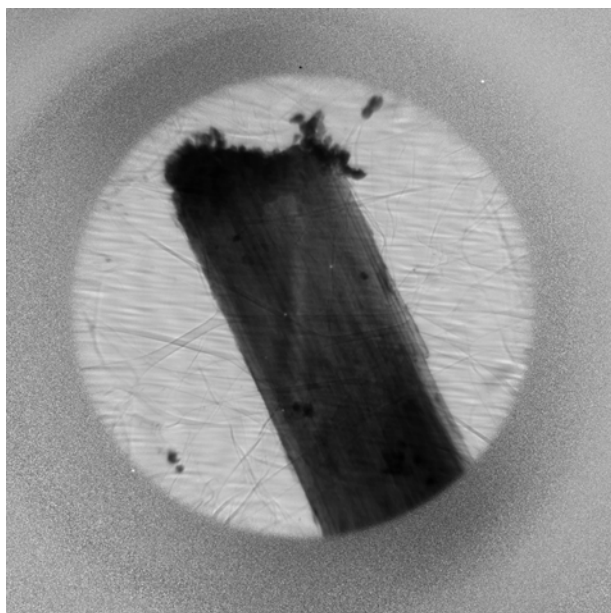
⁵Институт неорганической химии им. А.В. Николаева СО РАН, Новосибирск

⁶Институт проблем переработки углеводородов СО РАН, Омск

Одним из способов получения чистого водорода как перспективного энергоносителя для компактных систем энергообеспечения является реакция взаимодействия алюминия с водой. Известны различные методы активирования алюминия, различные условия проведения реакции. Оказалось, что активирование алюминия жидкими галлиевыми эвтектическими сплавами приводит к резкому повышению реакционной способности алюминия. Реакция взаимодействия активированного продукта с водой может стартовать при комнатной температуре, в нейтральной среде при атмосферном давлении, что позволяет получать чистый водород в полевых условиях в компактных устройствах в необходимом количестве.

Особенностью данной работы является использование коммерческих алюминиевых сплавов, широко применяемых в машиностроении в качестве исходного материала для получения активированного продукта [1]. В настоящее время нет общепринятой точки зрения относительно механизма активирования алюминия жидкими эвтектиками, нет четкого ответа на вопрос о природе активного состояния, а также о механизме реакции взаимодействия активированного продукта с водой.

Основная масса работ, связанная с активированием алюминия, посвящена исследованию взаимодействия жидких эвтектик с алюминием как с химическим элементом. При этом не учитывается тот факт, что в реальности мы всякий раз имеем дело с конкретными материалами, отличающимися размерами зерен, особенностями дефектной структуры и т.д.. При использовании коммерческих сплавов для получения активированного продукта ока-



залось, что условия активирования и характер последующего взаимодействия с водой существенно зависят от характеристик исходного материала.

Методами XAS, XRD SR, рентгеновской томографии на СИ, РФЭС, ААС, EDAX, эллипсометрии, РЭМ исследовалось взаимодействие жидкой эвтектики Ga-In с различными коммерческими алюминиевыми сплавами.

Рис.1. Теневая проекция активированного продукта.

Показано, что активированный продукт, имеющий высокую реакционную способность, представляет собой наноструктурированный материал, в котором эвтектика однородно распределена в межзеренных границах (рис. 1). Попытки активирования монокристаллического образца алюминия не привели к получению высокоактивного материала. Окисление компонентов эвтектического сплава в процессе активирования или при длительном хранении во влажной среде приводило к потере активности образцов (рис. 2) [2].

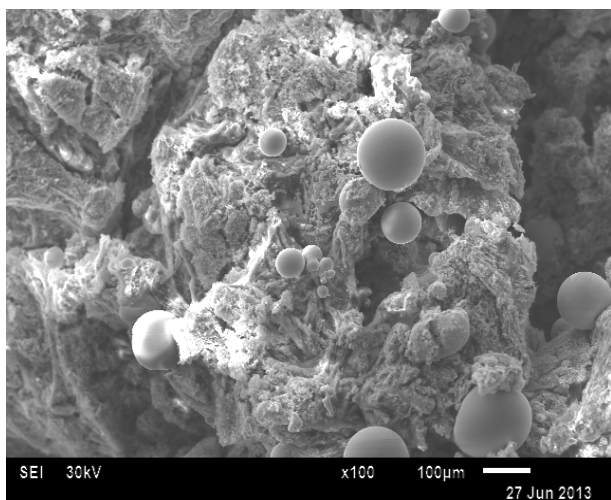


Рис.2. Участок поверхности материала, дезактивировавшегося при длительном хранении в атмосферных условиях (РЭМ).

Представления о механизме взаимодействия активированного алюминия с водой в настоящее время также находятся в состоянии дискуссии. Основная масса исследователей предполагает, что в основе механизма лежат электрохимические процессы. Нами показано, что эффективность процесса растворения связана с диффузионным переносом алюминия в тройной эвтектической системе Al-Ga-In от массивного алюминия на межфазную границу с водой с последующим образованием гидроксида алюминия. На рисунке 3 представлены теневые проекции образца алюминия, на который была нанесена капля эвтектики (энергия ~ 20 кэВ).

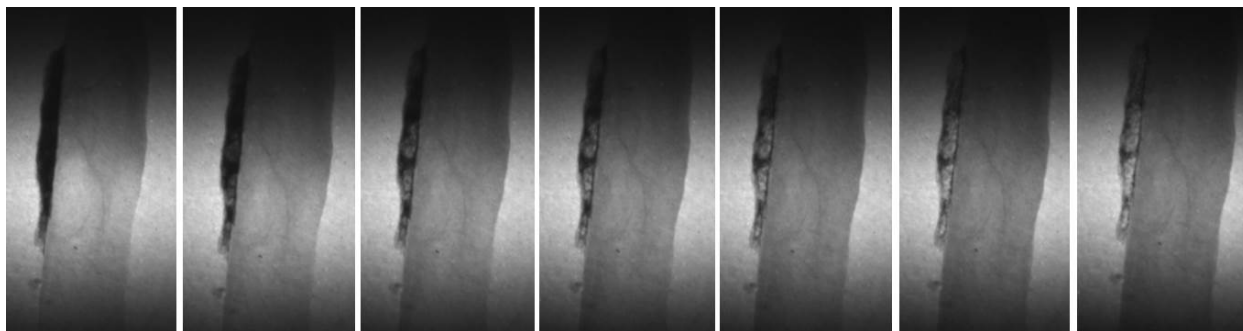


Рис.3. Теневые проекции образца алюминия. Динамика изменений капли эвтектического сплава Ga-In на поверхности алюминиевого образца.

Видно, что при взаимодействии эвтектики Ga-In с алюминием происходит проникновение ее компонентов вглубь материала по дефектам и границам зерен материала. При этом наблюдается одновременный перенос алюминия в каплю эвтектики и его окисление. Из-за сильного различия в атомных номерах алюминия, галлия и индия это отчетливо проявляется на теневых проекциях на рис. 3.

Литература

- [1]. Низовский А.И. и др. // Способ активирования алюминия и устройство для его реализации. Патент №2414424 РФ; – 2009116981; Заявл. 04.05.09; Опубл. 20.03.11.
- [2]. Низовский А.И. и др. // Кристаллография, 2012, т.57, №5, С.779-786.

Низовский Александр Иванович,
630090, Новосибирск, проспект ак. Лаврентьева, 5;
E-mail: alexniz@inbox.ru, Тел.: (383) 326-95-27

ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ АКТИВНОГО КОМПОНЕНТА КАТАЛИЗАТОРОВ РОСТА МНОГОСЛОЙНЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК МЕТОДОМ *IN SITU* РЕНТГЕНОФАЗОВОГО АНАЛИЗА НА СИНХРОТРОННОМ ИЗЛУЧЕНИИ

Д.В. Красников^{1,2}, А.Н. Шмаков^{1,2}, В.Л. Кузнецов^{1,2}, А.В. Ищенко¹, Андреев А.С.^{1,2}, Лапина О.Б.¹, Просвирин И.П.¹, Калинин А.В.¹

¹ *Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН*

² *Новосибирский государственный университет*

Многослойные углеродные нанотрубки (МУНТ), основным структурным элементом которых являются многослойные протяженные цилиндры, «свернутые» из графеновых плоскостей, обладают уникальными механическими, термическими, оптическими и электрофизическими свойствами [1]. Область потенциальных применений нанотрубок простирается от компонентов наноэлектроники до наполнителей в композиционных материалах [2]. При этом эффективность использования МУНТ в каждом из приложений определяется свойствами индивидуальных МУНТ, которые в свою очередь зависят от их структуры. В настоящее время в мире производится более 3 тыс. тонн углеродных нанотрубок. Промышленные нанотрубки, которые уже находят свое применение в качестве наполнителей в конструкционных материалах, лакокрасочных изделиях, а также в качестве носителей, производятся методом каталитического химического осаждения углерода из газовой фазы с использованием реакторов с псевдооживленным реакционным слоем. Для перехода от лабораторных трубчатых реакторов к промышленным установкам с псевдооживленным слоем катализатора (масштабирование производства) и оптимизации работы этих реакторов необходимо получить информацию о кинетических особенностях протекания процесса, гидродинамических особенностях реакционного слоя, коэффициенте массообмена между фазами, скорости отвода тепла от катализатора и т.д. Такие свойства конечного продукта как распределение нанотрубок по диаметру, структура и дефектность графеновых стенок индивидуальных МУНТ, структура вторичных образований (клубки и тяжи МУНТ) определяются на стадии активации катализатора [3]. Поэтому детальное понимание процессов, протекающих в ходе формирования активного компонента катализатора является ключевым фактором для создания и оптимизации масштабируемого производства МУНТ с контролируемыми свойствами.

В настоящей работе проведено исследование формирования активного компонента Fe-Co катализаторов синтеза МУНТ. С помощью комплекса физико-химических методов (*in situ* рентгенофазовый анализ на синхротронном излучении, газовая хроматография, просвечивающая электронная микроскопия и др.) было исследовано влияние состава катализатора, реакционных параметров на фазовый и газовый состав каталитической системы и их динамику, а также на свойства получаемых МУНТ.

По итогам работы удалось выделить и охарактеризовать процессы, составляющие активацию катализатора. Установлено, что активным компонентом катализатора синтеза МУНТ является сплавная Fe-Co частица (рис.1), пересыщенная углеродом, при этом ее фазовое состояние зависит от размера металлических частиц. Произведено сравнение с однокомпонентными катализаторами, в результате которого показаны причины эффективности выбранного сплавного состава. Показано, что с помощью замены носителя, роль которого сводится к стабилизации активного компонента, можно влиять как на протекание процессов активации, так и на свойства конечного продукта. Предложены механизмы наблюдаемых химических процессов, удовлетворяющие экспериментальным данным. Рассмотрено влияние различных стадий приготовления катализатора на процессы, происходящие при активации катализатора. Также показано

влияние размерного эффекта на активность катализаторов синтеза многослойных УНТ. Полученные результаты могут быть использованы как для создания кинетической модели синтеза УНТ, которая поможет решить проблему масштабирования реакторов, так и для дизайна новых высокопроизводительных катализаторов.

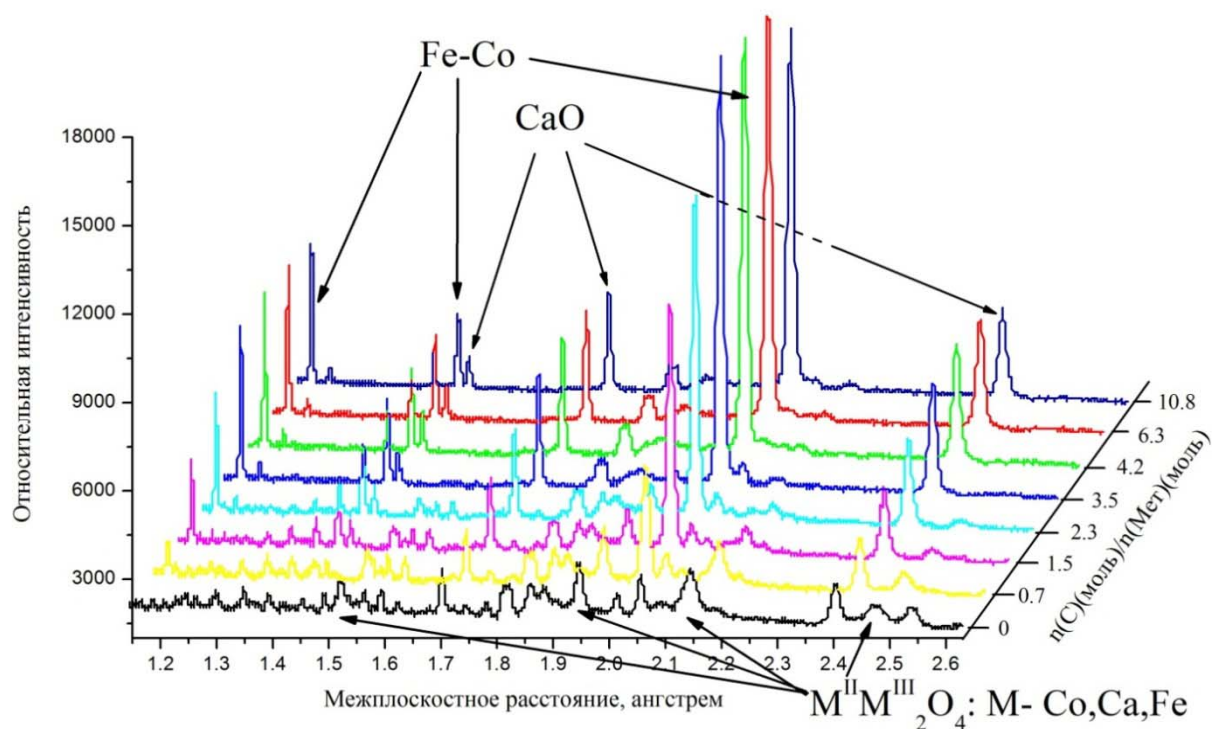


Рис. 1 Серия *in situ* дифрактограмм катализатора $Fe_2Co/CaCO_3$, полученных при его активации в токе этилена и азота при $670^\circ C$. Наблюдается полное восстановление оксидных фаз (кроме CaO) и формирование частиц Fe-Co сплава, являющегося активным компонентом синтеза МУНТ.

1. Jorio, A., Dresselhaus, G., Dresselhaus, M. Advanced Topics in the Synthesis, Structure, Properties and Applications – Springer Verlag Berlin Heidelberg, 2008 – 720 P.
2. Meuyappan., M. Carbon nanotubes: science and application // CRC, Boca Raton. – 2005. – V. 118–Issue 5. – P.708
3. MacKenzie, K. J., Dunens, O.M., Harris A.T. An Updated Review of Synthesis Parameters and Growth Mechanisms for Carbon Nanotubes in Fluidized Beds // Ind. Eng. Chem. Res. -2010. – V. 49. – P. 5323–5338

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА XAFS-СПЕКТРОСКОПИИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ОСОБЕННОСТЕЙ СТРУКТУРЫ МОСVD НАНОСИСТЕМ

С.И. Доровских^{1*}, Е.С. Викулова¹, К.В. Жерикова¹, Е.А. Максимовский¹, Ю.В. Шубин,
Н.Б. Морозова¹, В.В. Кривенцов²

1) Институт неорганической химии СО РАН, Новосибирск

2) Институт катализа СО РАН, Новосибирск

Представленная работа посвящена комплексному исследованию методами XAFS (основной) и РФА, СЭМ, РФЭС особенностей структуры и состояния металлов в МОСVD наносистемах различной природы. Разнообразные варианты метода химического осаждения соединений из паровой фазы (МОСVD), широко применяются для формирования наноструктурированных пленок и покрытий с заданными структурно-функциональными свойствами. Варьирование параметров осаждения: (рабочих температур, давлений и т.д.) и исходных металлорганических соединений позволяет получать разнообразные оксидные, углеродосодержащие, металлические и композитные пленки с разнообразными свойствами. К сожалению, данные объекты достаточно сложны для исследования и контроля стандартным набором рентгеноспектральных и дифракционных методов. Уникальный метод XAFS спектроскопии, реализованный с использованием СИ, как мощный инструмент для исследования локальной структуры и состояния металлов может обеспечить достоверную информацию, необходимую для развития МОСVD методик и контроля функциональных свойств получаемых слоев. Исследованные образцы наноструктурированных пленок - Co, Ni, Ni-C, Ru-O и др. были приготовлены методом МОСVD на различных подложках при варьировании параметров осаждения и соединений-предшественников. Локальная атомная структура и состояние металлов в полученных образцах исследовались методом XAFS спектроскопии по выходу флюоресценции с селективной отсечкой фона. Методами СЭМ, РФЭС, РФА были исследованы химический и фазовый состав, морфология пленок. Определены длины химической связи и соответствующие координационные числа. Данные, полученные разными методами, хорошо согласуются между собой. Рассмотрены варианты структурных возможных моделей. Показана перспективность предлагаемого подхода к исследованию многокомпонентных МОСVD наносистем сложного состава. Работа проводилась при поддержке РФФИ (120301154, 120301039, 140301066, 130312193 офи_м), Президиума РАН (программа 24), Интеграционных проектов СО РАН (64).

*С.И. Доровских, аспирант, e-mail: reter16@yandex.ru
ИНХ СО РАН, Пр. Лаврентьева 3, Новосибирск, Россия

СТРУКТУРНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ Cu-Fe-Cr ОКСИДНОЙ СИСТЕМЫ МЕТОДАМИ РФА И XAFS СПЕКТРОСКОПИИ

Л.М. Плясова, В.И. Зайковский, И.Ю. Молина, В.В. Кривенцов*, Г.Н. Кустова, Т.В. Ларина, Н.В. Штерцер, Т.П. Минюкова, Т.М. Юрьева.

Институт катализа СО РАН, Новосибирск, Россия

В настоящее время смешанные Cu-Fe-Cr оксидные системы вызывают значительный интерес исследователей благодаря их уникальным магнитным и окислительно-восстановительным свойствам. Одним из возможных приложений является использование данных соединений, как перспективных катализаторов для широкого ряда промышленных процессов. Представленная работа посвящена структурному исследованию смешанных шпинелей $\text{Cu}(\text{Fe}_x\text{Cr}_{1-x})_2\text{O}_4$, катализаторов реакции паровой конверсии CO, методами XAFS спектроскопии и РФА.

Образцы катализаторов переменного состава $\text{Cu}(\text{Fe}_x\text{Cr}_{1-x})_2\text{O}_4$ были приготовлены методом соосаждения из нитратных растворов солей соответствующих металлов и дальнейшей прокалкой при температурах не ниже чем необходимо для образования шпинелей. Спектры XAFS (Cu-K) исследованных образцов были записаны в СЦСТИ (Новосибирск). Проведено детальное исследование локальной структуры и состояния меди в Cu-Fe-Cr катализаторах переменного состава. Определены длины химической связи и координационные числа. Показано, что при $\text{Fe}/\text{Cr} = 1$ - шпинель является кубической, а изменение соотношения Fe/Cr приводит к соответствующим изменениям степени тетрагональных искажений структуры шпинели с 1.06 до 0.95. Выполнен анализ кристаллографических параметров структуры шпинели (Fd3m) и возможных (F41\ddm) тетрагональных искажений. Рассмотрены варианты возможных структурных моделей. Распределение ионов Cu(2+) в исследованных образцах проанализировано исходя из химического состава и их предпочтительных структурных позиций. Установлена корреляция между распределением ионов меди по тетраэдрическим и октаэдрическим позициям и каталитической активностью образцов в реакции низкотемпературной паровой конверсии CO. Дополнительно катализаторы были исследованы ЭСДО, ИК, ПЭМВР. Данные всех использованных физических методов хорошо согласуются между собой. Работа проводилась при поддержке РФФИ 13-03-00469, Президиума РАН (программа 24).

*В.В. Кривенцов, снс, Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, Пр. Лаврентьева 5, Новосибирск, Россия, kriven@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ Pd/СИБУНИТ И Pd-Ga/СИБУНИТ КАТАЛИЗАТОРОВ ЖИДКОФАЗНОГО ГИДРИРОВАНИЯ АЦЕТИЛЕНА МЕТОДОМ EXAFS

Н. С. Смирнова¹, Д.А. Шляпин¹, Е.А. Аношкина¹, Н. Б. Шитова¹,
Д. И. Кочубей², П. Г. Цырульников¹

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем переработки углеводородов Сибирского отделения Российской академии наук, г. Омск;
²Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт катализа им. Г. К. Борескова Сибирского отделения Российской академии наук, г.Новосибирск;

Жидкофазное каталитическое гидрирование ацетилена, полученного окислительным пиролизом метана, в этилен - основная стадия технологии переработки природного газа, разрабатываемой фирмой Synfuels Int. Inc. [1]. В качестве катализаторов используют нанесенный палладий, модифицированный галлием или индием [2]. Природа взаимодействия палладия и модификатора в данных системах исследована недостаточно.

Целью данной работы являлось исследование структуры и каталитических свойств нанесенных на Сибунит модифицированных галлием палладиевых катализаторов жидкофазного гидрирования ацетилена, приготовленных пропиткой спиртовыми растворами предшественников. Выбор графитоподобного углеродного носителя Сибунита в качестве носителя был обусловлен практически полным отсутствием по сравнению с оксидом алюминия сильных Льюисовских кислотных центров, способствующих увеличению скорости образования олигомеров.

Серия катализаторов с мольным соотношением Pd-Ga 1: 0.1; 1: 0.25; 1:0.5; 1:1; 1: 2; 1:4 была испытана в реакции жидкофазного гидрирования ацетилена. В качестве образца сравнения использовали катализатор Pd/Сибунит, не содержащий галлия. Физико-химические исследования частично выполнены на приборной базе Омского регионального ЦКП СО РАН (Омск). EXAFS-спектры К-края поглощения палладия снимали на станции EXAFS-спектроскопии Сибирского центра СИ (ИЯФ СО РАН, г. Новосибирск) по данным спектроскопии EXAFS, в модифицированных галлием катализаторах активный компонент присутствует в виде нестехиометрического палладий-галлиевого твердого раствора, что обеспечивает более высокие значения активности катализаторов и их селективности по этилену. Определяющую роль оказывает соотношение количеств наносимых компонентов. Введение больших количеств Ga (мольное отношение Pd:Ga > 1:0.5) приводит к снижению активности образцов за счет блокирования поверхности биметаллических частиц избытком оксида галлия.

Работа выполнена при поддержке Российского Фонда Фундаментальных Исследований, грант № 14-03-90032.

Литература

1. M. Johnson, E. Peterson, S. Gattis. U.S. Patent № 20070021638 A1, 2007.
2. M. Johnson, E. Peterson, S. Gattis. U.S. Patent № US2011/0217781A1, 2011.

автор для переписки:

Смирнова Надежда Сергеевна
644040, г. Омск, ул. Нефтезаводская, 54
E-mail: everinflame@gmail.com, Тел. +7 (3812) 67-22-75.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА EXAFS-СПЕКТРОСКОПИИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЛОКАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ НАНОЧАСТИЦ, СТАБИЛИЗИРОВАННЫХ В ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАТРИЦАХ

Р.Г. Валеев^{1*}, А.Н. Бельтюков¹, В.В. Кривенцов², Н.А. Мезенцев³

1) *Физико-технический институт УрО РАН, Ижевск*

2) *Институт катализа им. СО РАН, Новосибирск*

3) *Институт ядерной физики СО РАН, Новосибирск*

Представленная работа посвящена исследованию методом EXAFS полупроводниковых наноструктур, полученных на основе Ge, GaAs, ZnSe (внедрением в матрицу пористого оксида алюминия методом термического напыления). Одним из развивающихся направлений электроники является использование наноструктур, изолированных друг от друга слоями диэлектрика. Сегодня они являются наиболее перспективными кандидатами для создания устройств квантовой логики и квантовых компьютеров, а благодаря эффективной эмиссии и высокому квантовому выходу – устройств отображения информации, источников излучения в видимой области, солнечных батарей. Функциональные свойства таких материалов зависят от структуры наночастиц, находящихся в матрице. EXAFS-спектроскопия, как метод изучения локального атомного строения, позволяет изучать структурный состав полупроводниковых материалов, однако для систем в которых полупроводниковые наночастицы локализованы в диэлектрических матрицах стандартные методы съемки и обработки EXAFS-спектров имеют ряд методических ограничений. Развита новая методика съемки и предложен перспективный подход для определения локальной структуры с учетом размерных эффектов. Установлено, что локальное атомное строение наночастиц в матрице отлично от локальной атомной структуры сплошных пленок, в частности, различаются координационные числа и межатомные расстояния, причем, их значения более близки к таковым кристаллографическим. Показано, что напыление полупроводников на пористую поверхность приводит к лучшему «прилипанию» атомов, составляющих материал, к поверхности внутри пор, тогда как от плоской подложки они могут «отскакивать» в атмосферу вакуумной камеры. Рассмотрены варианты возможных структурных изменений в рамках проектов РФФИ, программ Президиума РАН и программ фундаментальных исследований № 12-П-2-1038 и 12-С-2-1024.

*Р.Г. Валеев, снс, к.ф.-м.н., Физико-технический институт УрО РАН, ул. Кирова 132, Ижевск, Россия, rishatvaleev@mail.ru

XAFS – ИССЛЕДОВАНИЕ ZNS-ZNSE ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ НАНОСТРУКТУР

Р.Г. Валеев^{1*}, А.Н. Бельтюков¹, В.В. Кривенцов², Н.А. Мезенцев³

1) *Физико-технический институт УрО РАН, Ижевск*

2) *Институт катализа им. СО РАН, Новосибирск*

3) *Институт ядерной физики СО РАН, Новосибирск*

Представленная работа посвящена исследованию локального окружения и особенностей формирования полупроводниковых ZnS-ZnSe наноконпозитов, стабилизированных на матрицах различной природы методом XAFS. Сегодня огромный интерес к ZnS-ZnSe полупроводниковым наноконпозитам обусловлен перспективой их практического применения в разнообразных источниках излучения и фотовольтаических устройствах (лазерных диодах и эффективных солнечных элементах). Следует отметить, что варьирование условий синтеза: температур конденсации, режимов напыления, природы используемых матриц и т.д. приводит к значительному изменению структурно-функциональных характеристик исследуемых ноноконпозитов. Применение структурных методов, использующих СИ для исследования особенностей аморфно-кристаллического состояния полупроводниковых наноструктур, локализованных на матрицах различной природы, обусловлено сложностью структурного и фазового состава данных ноноконпозитов. Образцов ноноконпозитов ZnS, ZnSe, ZnSSe были приготовлены методом термического напыления из исходных ZnS и ZnSe на гладкие и пористые матрицы различной природы, при варьировании условий синтеза. Спектры EXAFS (Zn-K, Se-K) для исследованных образцов были записаны в ЦССТИ, Новосибирск. Получены параметры структуры локального окружения Zn и Se, такие как межатомные расстояния, координационные числа, факторы Дебая-Валлера в сравнении с модельными расчетами (FEFF-8, VIPER). Дополнительно образцы исследованы методами РФЭС, РФА СИ, СЭМ, ЭДА. Рассмотрены варианты возможных структурных моделей и механизм формирования полупроводниковых наноструктур на гладких и пористых матрицах и причины нестехиометричности состава. Данные использованных методов хорошо согласуются между собой. Работа проводилась в рамках проектов РФФИ, программ Президиума РАН и программ фундаментальных исследований № 12-П-2-1038 и 12-С-2-1024.

*Р.Г. Валеев, снс, к.ф.-м.н., Физико-технический институт УрО РАН,
ул. Кирова 132, Ижевск, Россия, rishatvaleev@mail.ru

XAFS - ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛЬНЫХ НИЗКОПРОЦЕНТНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ СТАБИЛИЗИРОВАННЫХ НА УГЛЕРОДНЫХ НОСИТЕЛЯХ, СОДЕРЖАЩИХ НАНОРАЗМЕРНЫЕ ФОРМЫ ПЛАТИНОВЫХ МЕТАЛЛОВ

Кривенцов В.В.* , Троицкий С.Ю., Якимчук Е.П., Новгородов Б.Н., Просвирин И.П.,
Нартова А.В., Делий И.В., Бухтияров В.И.

Институт катализа СО РАН, Новосибирск, Россия

Представленная работа посвящена исследованию локальной структуры и состояния металлов в активном компоненте низкопроцентных модельных металл-углеродных катализаторов дебензилирования аминов, содержащих наноразмерные формы платины и палладия. Сегодня, нанесенные каталитические системы, содержащие металлы платиновой группы стабилизированные на углеродных носителях вызывают огромный интерес исследователей, вследствие своей практической значимости; возможности варьирования каталитических свойств и применения для широкого ряда процессов (гидрирования, конверсии промышленных субстратов, дебензилирования аминов и тд.), низкой стоимости конечных продуктов, легкости утилизации и извлечения дорогостоящих компонентов из отработавших катализаторов. Модельные образцы были приготовлены, из предшественников различной природы, при варьировании способов синтеза и формирования нанесенного компонента, режимов восстановления и активации. Спектры XAFS (Pt-L₃, Pd-K) образцов были записаны на EXAFS станции в СЦСТИ. Локальная атомная структура и состояние платиновых металлов в катализаторах исследовались методом XAFS спектроскопии по выходу флюоресценции с селективной отсечкой фона. Определены длины химической связи и соответствующие координационные числа. Дополнительно методами РФЭС, ПЭМВР, РФА исследовались химический и фазовый состав, морфология образцов. Данные, полученные разными методами, хорошо согласуются друг с другом. Рассмотрены возможные варианты структурных моделей. Показана перспективность предлагаемого подхода к исследованию модельных низкопроцентных наноразмерных каталитических систем основе платиновых металлов на углеродных носителях. Работа проводилась при поддержке РФФИ (120301154, 120301039, 140301066, 130312193 офи_м), Президиума РАН (программа 24).

*В.В. Кривенцов, снс, Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН,
Пр. Лаврентьева 5, Новосибирск, Россия, kriven@mail.ru

СТРУКТУРНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НИЗКОПРОЦЕНТНЫХ Au- ОДЕРЖАЩИХ МОНО- И ГЕТЕРО- МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КАТАЛИТИЧЕСКИХ НАНОСИСТЕМ, СТАБИЛИЗИРОВАННЫХ НА ОКСИДНЫХ НОСИТЕЛЯХ МЕТОДОМ XAFS

В.В. Кривенцов^{1*}, Е.П. Якимчук¹, Б.Н. Новгородов¹, Д.П. Иванов¹, К.А. Дубков¹, Д.А. Зюзин¹, Д.Г. Аксенов¹, Д.И. Кочубей¹, И.Л. Симакова¹, А. Simakov², С.А. Николаев³, А.В. Чистяков⁴, М.А. Губанов⁴, П.А. Жарова⁴, М.В. Цодиков⁴

1) *Институт катализа СО РАН, Новосибирск*

2) *Centro de Nanociencias y Nanotecnologia, UNAM, Ensenada, B.C., Mexico*

3) *Московский государственный университет, Химический факультет, Москва*

4) *Институт нефтехимического синтеза РАН, Москва*

Представленная работа посвящена исследованию локальной структуры и состояния металлов в активном компоненте нанесенных (~1%) низкопроцентных моно- и гетеро-металлических Au и Au-Me, Me= Ni, Cu, Ag, Pd) катализаторов на оксидных носителях методом XAFS. Известно, что золото является наиболее химически инертным среди благородных металлов, однако наноразмерные формы Au проявляют высокую каталитическую активность во многих промышленно важных процессах, перспективны для задач нетрадиционной энергетики и экологического катализа. Разработка методов синтеза может привести к значительному экономическому эффекту, вследствие снижения содержания Au в активном компоненте и оптимизации каталитических свойств, также исследование природы различных форм стабилизации Au, необходимо для создания новых эффективных катализаторов для различных приложений. Катализаторы были приготовлены, из моно- и биметаллических предшественников, при варьировании способов синтеза (золь-гель, ионный обмен, пропитка), режимов восстановления, природы носителей. Спектры XAFS (Au-L₃; Pd, Ni, Cu, Ag -K) образцов были записаны на EXAFS станции в СЦСТИ. Выполнено исследование генезиса локальной структуры активного компонента, включая изучение окисленных предшественников и катализаторов после активации (восстановления) и изменения состояния золота. Показано, что в зависимости от предыстории, возможно образование различных наноразмерных форм Au локализованных на поверхности носителя. Рассмотрены варианты структурных моделей. Дополнительно образцы исследовались методами ПЭМВР, РФА, РФЭС. Данные методов хорошо согласуются между собой. Работа проводилась при поддержке РФФИ (120301154, 120301039, 140301066, 130312193 офи_м, 120300489, 120333062), Президиума РАН (программа 24).

*В.В. Кривенцов, снс, Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН,
Пр. Лаврентьева 5, Новосибирск, Россия, kriven@mail.ru

ХАФС-ИССЛЕДОВАНИЕ НАНОРАЗМЕРНЫХ Pd ФОРМ, ЛОКАЛИЗОВАННЫХ В АКТИВНОМ КОМПОНЕНТЕ МОДЕЛЬНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ

В.В. Кривенцов^{1*}, Е.П. Якимчук¹, Б.Н. Новгородов¹, Д.П. Иванов¹, К.А. Дубков¹, Д.А. Зюзин¹, Д.Г. Аксенов¹, Д.И. Кочубей¹, Д.А. Медведев¹, А.М. Володин¹, А.В. Чистяков², М.А. Губанов², П.А. Жарова², М.В. Цодиков²

1) *Институт катализа СО РАН, Новосибирск*

2) *Институт нефтехимического синтеза РАН, Москва*

Представленная работа посвящена комплексному исследованию методами ХАФС (основной), ПЭМВР, РФЭС, РФА, ЭПР особенностей состояния Pd, его наноразмерных форм и центров стабилизации для модельных моно- и биметаллических Pd катализаторов, нанесенных на оксидные носители различной природы. Сегодня палладиевые нанесенные каталитические наносистемы широко используются для процессов переработки промышленно важных субстратов, конверсии углеводородов в синтез-газ на основе мембранных технологий, для нейтрализации автомобильных выхлопов и выбросов промышленных газов. Модельные низкопроцентные катализаторы (~1% Pd, Pd-Co, Pd-Mn на Al₂O₃, TiO₂, ZrO₂) были приготовлены методами пропитки из водных растворов и золь-гель из биметаллических комплексов-предшественников. Спектры ХАФС (Pd-K, Co-K, Mn-K) исследованных образцов были записаны СЦСТИ, Новосибирск. Выполнено комплексное исследование особенностей состояния и локальной структуры наноразмерных Pd форм в активном компоненте для образцов с различной предысторией. Установлено, что палладий в образцах находится преимущественно в виде ионов Pd(2+) в плоскоквадратном ближайшем кислородном окружении. Наличие металлической фазы Pd⁰ в пределах точности метода не обнаружено. Показана возможность целенаправленного варьирования состояния, сформированных на поверхности носителя оксидных наноструктур палладия от практически атомарно-диспергированного до наночастиц оксида палладия – PdO. Показана важная роль донорных центров поверхности носителя в стабилизации атомарно-диспергированных ионных форм Pd и влияние второго металла на формирование активного компонента. Рассмотрены варианты структурных моделей. Дополнительно образцы исследовались методами ПЭМВР, РФА, РФЭС. Данные методов хорошо согласуются между собой. Работа проводилась при поддержке РФФИ (120301154, 120301039, 140301066, 130312193 офи_м, 120300489, 120333062), Президиума РАН (программа 24).

*В.В. Кривенцов, снс, Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, Пр. Лаврентьева 5, Новосибирск, Россия, kriven@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕНЕЗИСА И СТРУКТУРЫ АКТИВНОГО КОМПОНЕНТА НАНОРАЗМЕРНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ ПРОЦЕССОВ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ МЕТОДОМ EXAFS

В.В. Кривенцов^{1*}, Е.П. Якимчук¹, Б.Н. Новгородов¹, Д.П. Иванов¹, К.А. Дубков¹, Д.А. Зюзин¹, Д.Г. Аксенов¹, Д.И. Кочубей¹, С.Ф. Нечепуренко¹, А.В. Чистяков², М.А. Губанов²,
П.А. Жарова², М.В. Цодиков²

1) Институт катализа СО РАН, Новосибирск

2) Институт нефтехимического синтеза РАН, Москва

Поиск нетрадиционных высокоэффективных направлений развития мировой энергетики и альтернативной нефтехимии, на основе возобновляемых ресурсов, сегодня весьма актуален. Одним из возможных, может быть переработка возобновляемой биомассы в энергоносители, поскольку продукты ферментации биомассы (этанол, бутанол, глицерин и др.) могут служить компонентами топлив, как в чистом виде, так и после каталитической переработки, которая обеспечивает получение более эффективных топливных компонентов. Данная работа посвящена исследованию особенностей активного компонента (состояния – Pd, Zn, Ta, W, Re и их локального окружения) методом EXAFS, перспективных каталитических наносистем: PdZn/Al₂O₃, TaRe/Al₂O₃, WRe/Al₂O₃, используемых для наработки фракций алканов и олефинов C₄-C₁₂₊ - высококачественных компонентов топлив из продуктов ферментации возобновляемой биомассы. Катализаторы были приготовлены золь-гель из моно- и биметаллических комплексов. Спектры EXAFS (Pd-, Zn-K; Ta-, W-, Re-L₃) исследованных образцов были записаны в СЦСТИ, Новосибирск. Установлено, что происходит сильное взаимодействие активного компонента с носителем Al₂O₃, с образованием искаженных оксидных наноструктур: PdO-Al, ZnO-Al, Ta(W)O-Al, ReO-Al. Для Pd-Zn системы установлено, что и палладий и цинк существуют преимущественно в виде Pd(2+) и Zn(2+). Для Ta(W)-Re системы найдено, что рений присутствует в виде Re(7+), тогда как тантал и вольфрам в виде Me(5+). Подробно охарактеризован генезис исследуемых катализаторов, состояние металлов (Pd, Zn, Ta, W, Re), локальное окружение, показана взаимосвязь структуры и каталитических свойств. Рассмотрены варианты структурных моделей. Дополнительно образцы исследовались ПЭМВР, ЭДА, РФА, РФЭС. Данные методов хорошо согласуются. Работа проводилась при поддержке РФФИ (120301154, 120301039, 140301066, 130312193 офи_м, 120300489, 120333062), Президиума РАН (программа 24).

*В.В. Кривенцов, снс, Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН,
Пр. Лаврентьева 5, Новосибирск, Россия, kriven@mail.ru

СТРУКТУРНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НАНЕСЕННЫХ КАТАЛИТИЧЕСКИХ НАНОСИСТЕМ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ КОНВЕРСИИ СУБСТРАТОВ ИЗ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

В.В. Кривенцов^{1*}, Е.П. Якимчук¹, Б.Н. Новгородов¹, Д.П. Иванов¹, К.А. Дубков¹, Д.А. Зюзин¹, Д.Г. Аксенов¹, Д.И. Кочубей¹, С.Ф. Нечепуренко¹, А.В. Чистяков², М.А. Губанов², П.А. Жарова², М.В. Цодиков²

1) Институт катализа СО РАН, Новосибирск

2) Институт нефтехимического синтеза РАН, Москва

Сегодня каталитические нанесенные наносистемы, на основе платины, широко используются для решения задач экологического катализа (деактивация вредных выбросов) и нетрадиционной энергетики (как путь альтернативный нефтехимии), в разнообразных промышленно-важных процессах. Перспективным приложением могут быть процессы конверсии субстратов из возобновляемых источников: переработка продуктов ферментации биомассы путем восстановительной дегидратации алифатических биоспиртов в качественные компоненты биотоплив (энергоносители) и получение ценных углеводов на основе растительных масел путем прямой гидрогенизации. Проведенные нами ранее исследования показали, что промышленные моно- и гетерометаллические (Pt, Pt-Me) низкопроцентные нанесенные катализаторы, демонстрируют хорошую активность и селективность в подобных процессах. Исходные образцы модельных Pt, Pt-Me катализаторов были приготовлены золь-гель методом на основе различных моно- и гетерометаллических комплексов-предшественников осаждением на оксидный носитель $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$. Спектры XAFS (Pt-L₃, Re-L₃ краев) для всех исследованных образцов были записаны в СЦСТИ (Новосибирск). Установлено наличие металлических и металлооксидных форм стабилизации наночастиц активного компонента для исследованных Pt, Pt-Me катализаторов. Присутствие каких-либо Pt-Al форм не обнаружено (в пределах точности метода). Рассмотрены варианты возможных структурных моделей. Дополнительно образцы исследовались ПЭМВР, ЭДА, РФА, РФЭС. Данные методов хорошо согласуются между собой. Работа проводилась при поддержке РФФИ (120301154, 120301039, 140301066, 130312193 офи_м, 120300489, 120333062), Президиума РАН (программа 24).

*В.В. Кривенцов, снс, Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, Пр. Лаврентьева 5, Новосибирск, Россия, kriven@mail.ru

ХАФС - ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ АКТИВНОГО КОМПОНЕНТА МОДЕЛЬНЫХ НИЗКОПРОЦЕНТНЫХ КАТАЛИТИЧЕСКИХ НАНОСИСТЕМ ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КАТАЛИЗА, СОДЕРЖАЩИХ БЛАГОРОДНЫЕ МЕТАЛЛЫ

Е.П. Якимчук*, В.В. Кривенцов

Институт катализа СО РАН, Новосибирск

Сегодня, нанесенные низкопроцентные каталитические наносистемы, содержащие благородные металлы, стабилизированные на оксидных и углеродных носителях, вызывают огромный интерес исследователей, вследствие своей практической значимости для широкого ряда процессов экологического катализа; благодаря возможности варьирования каталитических свойств, относительно низкой стоимости конечных продуктов, легкости утилизации дорогостоящих компонентов из отработавших катализаторов. Модельные образцы (~1%Me, Me=Au, Pd, Pt, Ir, Ru и др.) были приготовлены, из моно- и гетеро-металлических предшественников различной природы, при варьировании способов синтеза и формирования нанесенного компонента (золь-гель, ионный обмен, пропитка, МОСVD и др.), режимов восстановления и активации на различных носителях – С, SiO₂, Al₂O₃, TiO₂, ZrO₂ и др. Спектры EXAFS (Pt-, Au-, Ir-L₃; Pd-, Ru-K) образцов были записаны на EXAFS станции в СЦСТИ, Новосибирск. Состояние и локальная атомная структура благородных металлов в полученных образцах исследовались методом EXAFS спектроскопии по выходу флюоресценции с селективной отсечкой фона. Определены длины химической связи и соответствующие координационные числа. Дополнительно методами РФЭС, ПЭМВР, РФА исследовались химический и фазовый состав, морфология образцов. Данные, полученные разными методами, хорошо согласуются друг с другом. Рассмотрены возможные варианты структурных моделей. Показана перспективность предлагаемого комплексного подхода для исследования активного компонента модельных низкопроцентных наноразмерных каталитических систем, на основе благородных металлов, на носителях различной природы. Работа выполнена при использовании оборудования ЦКП СЦСТИ и финансовой поддержке Минобрнауки России, Президиума РАН (программа 24), РФФИ.

*Е.П. Якимчук, инженер, Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, Пр. Лаврентьева 5, Новосибирск, Россия, coolgeck@rambler.ru

ПРИМЕНЕНИЕ XAFS СПЕКТРОСКОПИИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В КАТАЛИЗЕ, МАТЕРИАЛОВЕДЕНИИ, БИОЛОГИИ

В.В. Кривенцов*

Институт катализа СО РАН, Новосибирск

Сегодня метод XAFS-спектроскопии, в различных методических вариантах, реализованных на источниках СИ, является общепризнанным мощным инструментом исследования состояния элементов и локальной структуры для разнообразных систем в практически любых агрегатных состояниях: сплавов, дисперсных систем, растворов, стекол, ультраразбавленных систем и др. Следует отметить, что метод XAFS спектроскопии наиболее эффективен при изучении наноразмерных систем “сложного” состава, с характерным размером $\sim 1-4$ нм и/или низким содержанием по исследуемому элементу, когда применение других структурных методов заведомо проблематично и/или мало информативно. В представленном докладе, на примере выполненных работ на станции EXAFS спектроскопии СЦСТИ, для разнообразных наноразмерных систем, используемых в катализе, материаловедении, биологии продемонстрированы возможности XAFS спектроскопии, как самостоятельного метода, так и в комплексе с другими физическими методами исследования - ПЭМВР, СЭМ, РФЭС, РФА СИ и др. Показана перспективность использованного комплексного подхода для исследования разбавленных наноструктурированных систем, капсулированных упорядоченных полупроводниковых наноструктур, нанокompозитных катализаторов сложного состава, биологических наноматериалов. Работа выполнена при использовании оборудования ЦКП СЦСТИ и финансовой поддержке Минобрнауки России, Президиума РАН (программа 24), РФФИ.

*В.В. Кривенцов, снс, Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН,
Пр. Лаврентьева 5, Новосибирск, Россия, kriven@mail.ru

МУЛЬТИПУЧКОВАЯ РЕНГЕНОЛИТОГРАФИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ГЛУБОКИХ РЕГУЛЯРНЫХ МИКРОСТРУКТУР

Б.Г. Гольденберг¹, А.Г. Лемзяков¹, А.Г. Зелинский², В.П. Назьмов¹, В.Ф. Пиндюрин¹

1. ИЯФ СО РАН, Новосибирск, Россия

2. ИХТТМ СО РАН, Новосибирск, Россия

Ключевым элементом рентгенолитографии является рентгеношаблон - маска с рентгенопрозрачными окнами в рентгенонепрозрачном слое (например, золото толщиной 30-50 мкм). Предлагаемый метод позволяет непосредственно формировать заготовки рентгеношаблонов для глубокой рентгенолитографии (полимерные матрицы высотой 50-100 мкм, являющиеся формой для гальванопластики золота) или получать конечные полимерные структуры высотой до нескольких сотен микрометров. Возможность избежать многоэтапного процесса изготовления LIGA шаблона при этом особенно актуальна для поисковых задач, когда требуется несколько штучных изделий с вариацией топологии. В ИЯФ СО РАН реализована установка, названная микропучковый рентгенолитограф (МПРЛ), где посредством рентгеношаблона с набором диафрагм формируется матрица параллельных микропучков СИ, относительно которых в перпендикулярной плоскости перемещается подложка с высокочувствительным негативным рентгенорезистом SU-8, осуществляя векторное формирование скрытого рисунка микроструктуры. После проявления резиста на подложке остается полимерная микроструктура, которая может быть как конечным изделием, так и заготовкой для гальванического осаждения металла. Параллельная многопучковая запись позволяет значительно сократить время формирования регулярной протяженной микроструктуры и пропорционально снизить фоновую засветку в областях геометрической тени, по сравнению с использованием для формирования глубоких регулярных структур отдельного микропучка СИ.

С использованием предложенного подхода получены тестовые регулярные микроструктуры из резиста SU-8 с произвольной топологией, в том числе образцы рентгеношаблонов с золотым покрытием.

Автор для переписки.

Гольденберг Борис Григорьевич

630090 Новосибирск, пр. акад. Лаврентьева, 11

goldenberga@inp.nsk.su

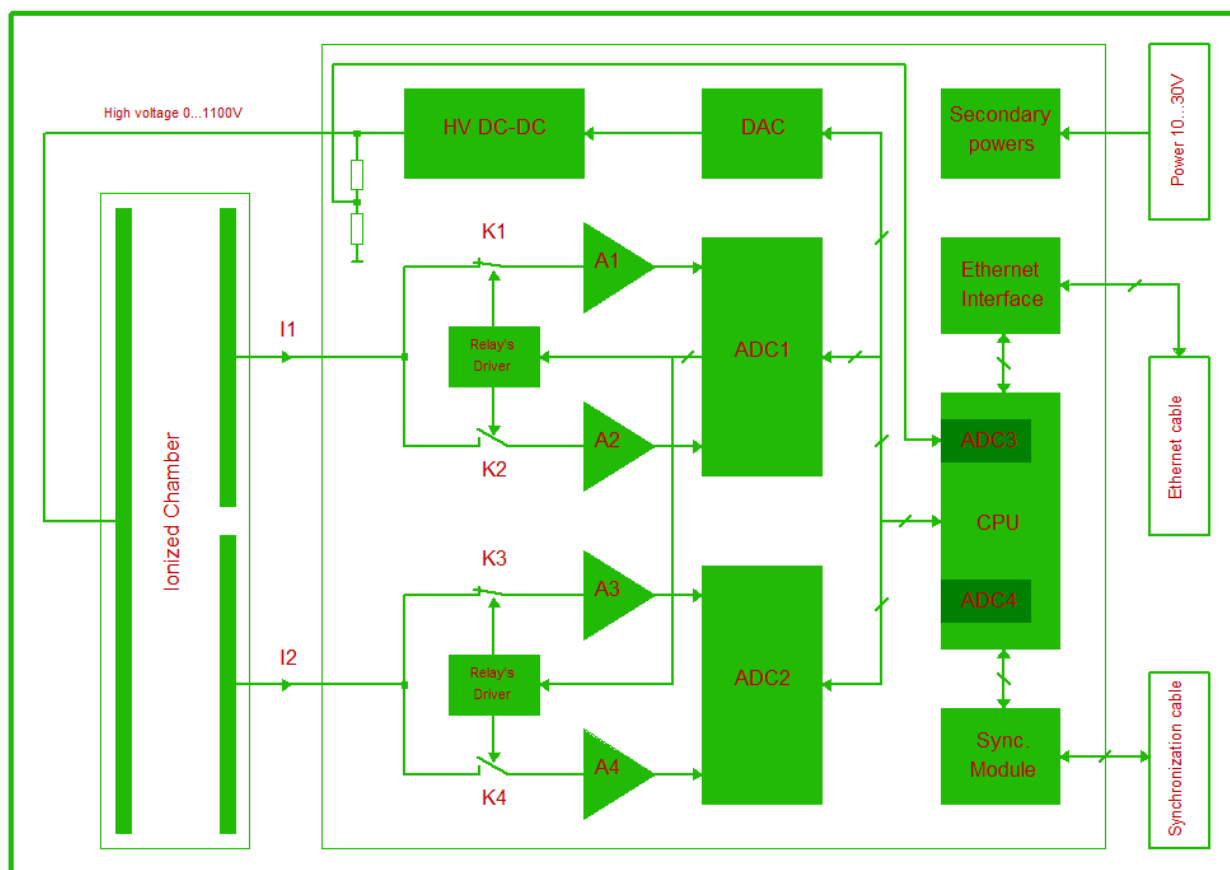
тел. 8(383)-329-46-97

ЭЛЕКТРОНИКА НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ДЛЯ ИОНИЗАЦИОННОЙ КАМЕРЫ.

Д.В.Дорохов, Э.А.Купер, М.А.Шеромов.

Институт ядерной физики им. Г.И.Будкера СО РАН, Новосибирск.

Работы, связанные с созданием электроники ионизационных камер для наблюдения различных параметров пучков СИ проводятся в ИЯФ уже много лет [1,2]. В данном докладе описана электроника нового поколения, приведены её основные параметры и преимущества по отношению к предыдущим разработкам.



Блок — схема представлена на рисунке. Устройство имеет два независимых измерительных канала, включающих высокочувствительные усилители тока и аналого-цифровые преобразователи. Выходное напряжение источника высокого напряжения (0...1000 В) для ионизационной камеры управляется цифро-аналоговым преобразователем.

В качестве интерфейса связи используется Ethernet. Для реализации строго одновременных измерений на нескольких ионизационных камерах предусмотрен модуль синхронизации. Управление работой измерительной части и взаимодействие с интерфейсом осуществляется с помощью микропроцессора. Наличие двух синхронизированных измерительных каналов позволяет использовать электронику в специализированных ионизационных камерах для измерения положения пучка СИ.

Важное достоинство данного измерителя состоит в том, что оба усилительных канала оснащены двумя диапазонами: 1 нА/В и 1 мкА/В, переключаемыми дистанционно, что позволяет расширить динамический диапазон измерителя до 9 порядков.

Частота измерений входных сигналов варьируется от 2,5 Гц до 7,5 кГц. Благодаря этому открывается перспектива изучения нестабильности положения пучка в достаточно широком частотном диапазоне.

Наличие в устройстве микропроцессора и управляемого источника высокого напряжения дает еще одну полезную функцию - автономная проверка работоспособности и калибровка измерителя может производиться прямо на рабочем канале. Для получения калибрующего тока достаточно перекрыть пучок СИ и сформировать пилообразное напряжение нужного наклона на высоковольтном источнике.

Основные характеристики измерителя:

| | |
|---------------------------------------|--|
| Число каналов преобразования: | 2 |
| Количество диапазонов усиления: | 2 1нА/В и 1мкА/В |
| Диапазон измеряемых токов, мкА: | -0.5...+3 |
| Точность коэффициента преобразования: | ±1% |
| Температурная стабильность усиления: | 50 ppm/°C |
| Частоты преобразования f_r , Гц: | 2.5, 5, 10, 15, 25, 30, 50, 60, 100, 1000, 2000, 3750, 7500 |
| Эффективное количество разрядов АЦП: | 22 |
| Диапазон высоковольтного источника | 0...1000 В |
| Защита от короткого замыкания: | есть |
| Напряжение питания: | 10 ... 30В |
| Потребляемая мощность: | 12 Вт |

Среднеквадратичное значения собственного шума на некоторых частотах дискретизации:

| | | | | | | | | | |
|-------------------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|
| $f_{з.дб}$, Гц | 44.2 | 26.5 | 22.1 | 13.3 | 11.1 | 6.6 | 4.4 | 2.2 | 1.1 |
| f_r , Гц | 100 | 60 | 50 | 30 | 25 | 15 | 10 | 5 | 2.5 |
| $I_{ср.кв.}$, фА | 37 | 26 | 21 | 17 | 15 | 11 | 10 | 7 | 5 |

1. Э.А.Купер, А.В.Леденев. Измерительный МДМ-Усилитель. Автометрия № 4, 1972г.,с124-127, «Наука»,Новосибирск.

2. A.N.Fisenko, A.V.Kosov, V.R.Kozak, E.A.Kuper, B.Ja.Pirogov, M.A.Sheromov, K.V.Zolotarev. Coordinate-sensitive ionization chamber with high spatial resolution. Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. A. 2005. V. 543. P. 361.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МОЛЕКУЛЯРНОЙ МЕХАНИКИ ПРИ ПОСТРОЕНИИ МОДЕЛЕЙ СТРУКТУРЫ СЛОЖНЫХ СОЕДИНЕНИЙ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ EXAFS. НА ПРИМЕРЕ СТРУКТУРЫ ПЛАТИНОВЫХ СИНЕЙ

М.Н. Варгафтик¹, Н.В. Черкашина¹, В.В. Канажевский², Д.И. Кочубей²

1) Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН, Москва

2) Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН

gugon@mail.ru, проспект Ак. Лаврентьева 5, 630090, Новосибирск, Россия

Платиновые сини представляют собой рентгеноаморфные полимерные образования ионов платины в состояниях промежуточных между Pt(II) и Pt(III) с эмпирической формулой Pt(OOCMe)_{2.5±0.25}, синтезируемые из ацетата Pt(II). Платиновые сини известны с 1908 г. но структура их до сих пор не была установлена. Причинами этого является их рентгеноаморфность и плохая воспроизводимость стехиометрии при синтезе.

В ИОНХ РАН была разработана воспроизводимая методика синтеза платиновых синей, которые были исследованы методом EXAFS на станции EXAFS спектроскопии Сибирского центра СИ, Новосибирск. Предварительные исследования показали что, в течение месяца происходит старение синей, которое выражается в изменении стехиометрии и магнитных свойств. Поэтому исследовались свежие и состаренные соединения. При измерениях регистрировались качественные осцилляции до 20 Å⁻¹. Отличия при старении наблюдались для расстояний больше 4 Å, но анализировались расстояния до 4 Å, поскольку только они дают существенный вклад в фактор ра

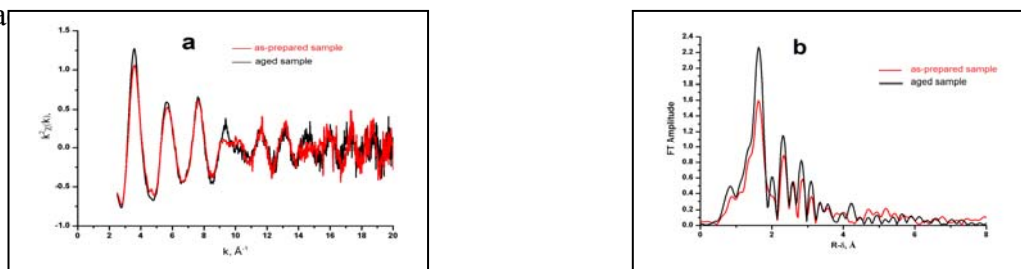
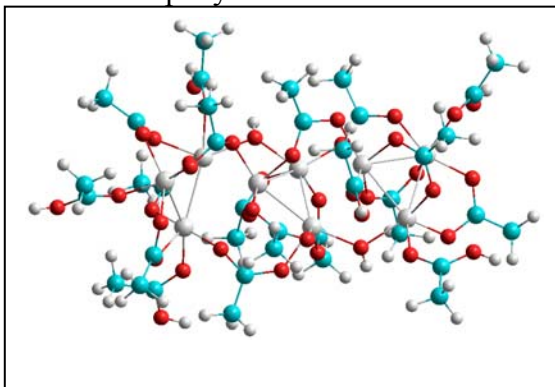


Рисунок. PtL₃ спектр поглощения свежеприготовленного (as-prepared) и состаренного (aged) образцов платиновой сини: k³χ(k) (a) в интервале волновых чисел 2.5–17.0 Å⁻¹ и амплитуда Фурье преобразования (b).

Результаты определения координационного окружения платины приведены в таблице. Модель структуры сини выбиралась с использованием метода молекулярной механики, используя в качестве исходных данных первые два расстояния в приведенной таблице. Перебор возможных вариантов показал что, наиболее соответствующей данным EXAFS является модель тримеров с прямой связью Pt-Pt около 2.5 Å показанная на рисунке. Между собой атомы платины в тримере связаны двойными OAc мостиками. Тримеры между собой связаны OAc и OH мостиками в свежеприготовленных образцах и только OAc мостиками в состаренных образцах как показано на рисунке.

| исходное соединение | | | |
|------------------------|------|-----|---------------------------------|
| расстояние | R, Å | N | σ ² , Å ² |
| Pt–O | 2.00 | 4.0 | 0.007 |
| Pt–Pt | 2.49 | 1.7 | 0.006 |
| Pt–Pt | 3.81 | 1.0 | 0.006 |
| состаренное соединение | | | |
| Pt–O | 1.98 | 3.4 | 0.004 |
| Pt–Pt | 2.52 | 3.5 | 0.011 |



ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРА ЛОКАЛЬНОГО ОКРУЖЕНИЯ АТОМОВ МЕДИ, ХРОМА И ВАНАДИЯ В СЛОИСТЫХ ДИСУЛЬФИДАХ $\text{CuCr}_{1-x}\text{V}_x\text{S}_2$ С ПОМОЩЬЮ XANES-СПЕКТРОСКОПИИ

Коротаев Е.В.¹, Канажевский В.В.^{2,3}, Перегудова Н.Н.¹, Мазалов Л.Н.^{1,3,4}, Соколов В.В.¹, Кочубей Д.И.², Диков Ю.П.⁵, Кучумов Б.М.¹, Сыроквашин М.М.¹, Андреева А.Ю.¹.

¹ *Институт неорганической химии им. А.В. Николаева СО РАН, Новосибирск*

² *Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, Новосибирск*

³ *Новосибирский государственный университет*

⁴ *Новосибирский государственный технический университет*

⁵ *Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН, Москва*

Слоистые дисульфиды хрома-меди $\text{CuCr}_{1-x}\text{V}_x\text{S}_2$ ($x=0.00\div 0.40$) рассматриваются в настоящее время в качестве перспективных многофункциональных материалов для нужд современной электроники. Сочетание высоких коэффициентов удельной термоэдс и низкой теплопроводности данных материалов позволяет рассматривать $\text{CuCr}_{1-x}\text{V}_x\text{S}_2$ в качестве перспективных термоэлектрических материалов [1]. Суперионные свойства данных соединений могут быть использованы для создания твердотельных источников тока, ион-селективных электродов [2]. Сочетание диэлектрических и магнитных свойств позволяет рассматривать $\text{CuCr}_{1-x}\text{V}_x\text{S}_2$ в качестве материалов спинтроники [3].

В работах [1, 4] показано, что атомы меди в $\text{CuCr}_{1-x}\text{V}_x\text{S}_2$ способны занимать два типа кристаллографических позиций тетраэдрические и октаэдрические. Характер распределения атомов меди по соответствующим позициям существенно зависит от параметров технологии синтеза. В связи с этим для исследования данных соединений представляется целесообразным использовать методы, обладающие высокой чувствительностью к характеру локального окружения атомов. В качестве соответствующего метода в данной работе был использован метод XANES-спектроскопии. исследованы образцы мелкодисперсных поликристаллических дисульфидов $\text{CuCr}_{1-x}\text{V}_x\text{S}_2$, а также полученные на их основе образцы крупноблочных кристаллов и тонких ХТР-пластинок. Для детального изучения ближней тонкой структуры (XANES) K -спектров поглощения меди, хрома и ванадия в составе $\text{CuCr}_{1-x}\text{V}_x\text{S}_2$ было проведено исправление соответствующих спектров на величину аппаратного уширения и ширину внутреннего K -уровня. Полученные исправленные спектры поглощения были сопоставлены с модельными K -спектрами, рассчитанными в программных пакетах FEFF 8.0, FDMNES 2013 для двух характеров локального окружения меди: тетраэдрического и октаэдрического. На основании модельных спектров были построены спектры «смесей», в которых атомы располагаются в тетраэдрических и октаэдрических позициях в различных пропорциях. Проведенные исследования показали, что экспериментальные спектры поглощения отвечают преимущественному расположению атомов меди в тетраэдрических позициях.

Сопоставление спектров различных типов образцов показало, что характер локального окружения атомов меди, хрома и ванадия сохраняется даже в случае крупноблочных кристаллов, обладающих существенной пространственной неоднородностью.

Литература

5. G.C. Tewari et al. // Journal of Electronic Materials. 2010. V.39. Nn8. PP. 1133-1139.
6. Р.Ф. Альмухаметов и др. // Физика твердого тела. 2000. Т. 42. № 8. С.1465-1468.
7. A. Karmakar et al. // Applied physics letters. 2014. V.104. N.5. PP. 052906(1-5).
8. И.Г. Васильева и др. // Журнал структурной химии. 2009. Т.50. №2. С.302-310.

Коротаев Евгений Владимирович,
630090, Новосибирск, проспект ак. Лаврентьева, 3;
E-mail: korotaev@niic.nsc.ru, Тел.: (383) 316-53-41.

ИССЛЕДОВАНИЕ АДсорбции АНИЛИНА НА ДВУМЕРНЫЕ НАНОЧАСТИЦЫ $\text{H}_4\text{Nb}_6\text{O}_{17}$ MgO

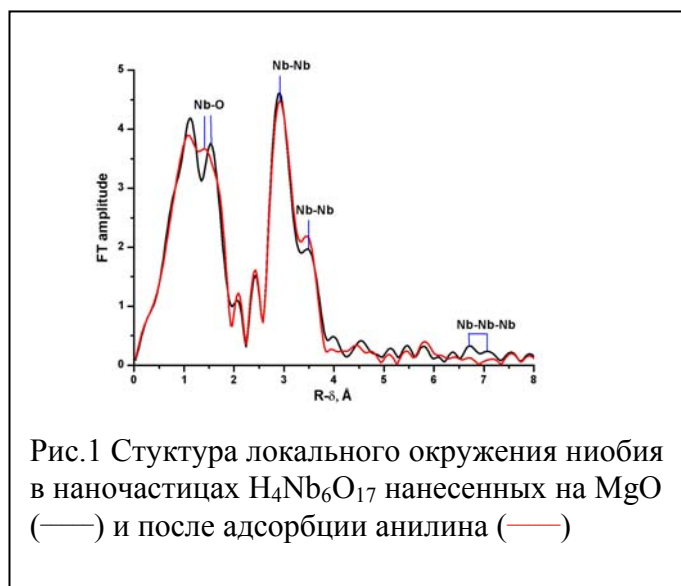
Д. И. Кочубей, В.П.Бабенко

Институт катализа им. Г. К. Борескова СО РАН

kochubey@catalysis.ru, проспект Ак. Лаврентьева 5, 630090, Новосибирск, Россия;

Для катализаторов $\text{H}_4\text{Nb}_6\text{O}_{17}/\text{MgO}$ были проведены исследования адсорбции анилина при комнатной температуре. Наночастицы $\text{H}_4\text{Nb}_6\text{O}_{17}$ были приготовлены методом гидротермального синтеза из Nb_2O_5 в водном растворе при $\text{pH}=2$. Нанесение $\text{H}_4\text{Nb}_6\text{O}_{17}$ на MgO проводилось из раствора без промежуточной сушки. В отличие от ранее исследованной системы $\text{HNb}_3\text{O}_8/\text{MgO}$ состоящей из трехслойных пакетов, в $\text{H}_4\text{Nb}_6\text{O}_{17}$ пакеты двухслойные, что делает их в принципе более чувствительными к адсорбции реагентов. В данном случае к адсорбции анилина.

Данная работа проводилась в рамках задачи создания двумерных наночастиц оксидов с большим соотношением поверхности к объему как систем моделирующих поверхность реальных оксидов. Для системы с высоким отношением поверхности к объему должно сильно проявляться влияние модификации поверхности при адсорбции реагентов.



деформации наночастицы $\text{H}_4\text{Nb}_6\text{O}_{17}$. Это можно связать с многоцентровой формой адсорбции анилина и отсутствием или слабостью локального химического взаимодействия. Основное взаимодействие анилина с ниобием по-видимому происходит за счет донирования электронной плотности с анилина в зонную структуру $\text{H}_4\text{Nb}_6\text{O}_{17}$.

При адсорбции анилина на $\text{H}_4\text{Nb}_6\text{O}_{17}$ также как при адсорбции его на HNb_3O_8 не происходит изменений первых расстояний Nb-Nb. Однако наблюдается небольшое укорочение межатомных расстояний Nb-O (рис.1). Наиболее заметным является изменение интенсивности расстояний в области 6-7 Å. В этой области существенную интенсивность имеют только пики, для которых велик вклад многократного рассеяния. Максимальную величину многократное рассеяние имеет в случае когда атомы Nb--Nb--Nb находятся на одной прямой. Падение интенсивности этого пика свидетельствует о возникновении

Работа выполнена при поддержке Российского Фонда Фундаментальных Исследований, грант № 12-03-00306

О ПРОБЛЕМЕ УЧЕТА ЭФФЕКТОВ МНОГОКРАТНОГО РАССЕЯНИЯ ПРИ АНАЛИЗЕ СПЕКТРОВ EXAFS

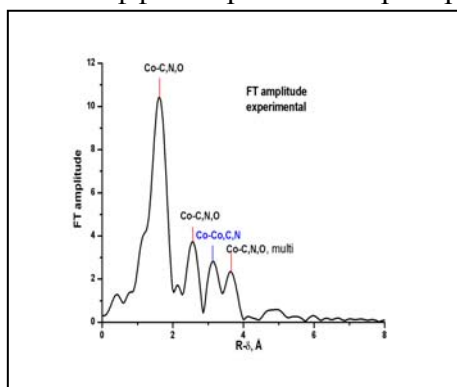
Д. И. Кочубей

Институт катализа им. Г. К. Борескова СО РАН
kochubey@catalysis.ru, проспект Ак. Лаврентьева 5, 630090, Новосибирск, Россия;

Базовая модель метода EXAFS спектроскопии исходит из приближения однократного рассеяния. Считается что, эта модель хорошо работает для энергий фотоэлектронов больше 30-60 эВ. Однако в ряде случаев приближения однократного рассеяния недостаточно и приходится учитывать эффекты многократного рассеяния. Этот вопрос был рассмотрен многократно и модули, позволяющие учитывать эффекты многократного рассеяния в спектрах EXAFS и XANES, имеются в основных используемых в настоящее время программах - FEFF и EXCURVE.

Такой подход позволяет описать спектры соединений, в том числе металлоорганических комплексов со сложной структурой определяемой типом координированных лигандов.

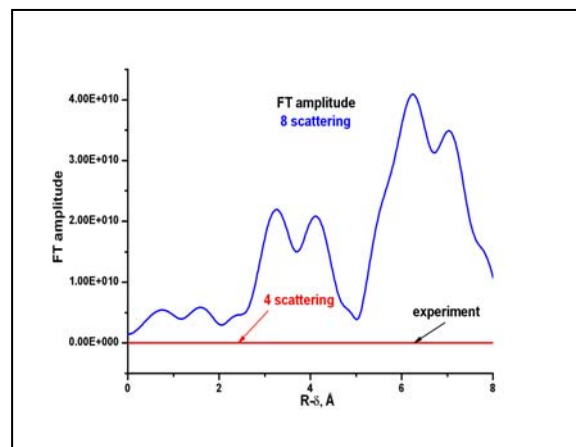
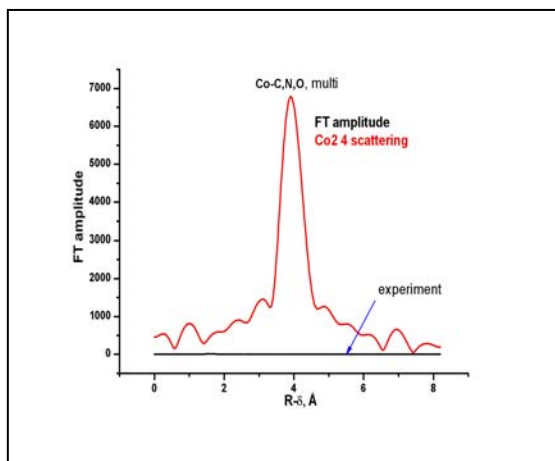
Однако в ряде случаев прямое использование подхода к учету эффектов многократного рассеяния согласно программе FEFF приводит к некорректным результатам. В частности такой эффект проявился при проведенном нами исследовании строения комплексов кобальта



был использован в качестве репера комплекс $[\text{Co}_3(\text{L}^5)_6(\text{H}_2\text{O})_6](\text{ClO}_4)_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ с известной структурой. Экспериментальная кривая модуля Фурье-преобразования приведена на рис.1. Кобальт в комплексе находится в двух независимых кристаллографических позициях отвечающих центральному атому (Co1) в тримере и двух крайних атомов (Co2). При расчете спектра EXAFS для центрального атома Co1 учет эффектов многократного рассеяния дает незначительные изменения в амплитуде Фурье преобразования и общий вид спектра близок к

экспериментальному. В тоже время попытка учета эффектов многократного рассеяния для атомов Co2 приводит к совершенно нефизичным результатам. При этом амплитуды Фурье преобразования рассчитанные в приближении четырех- и восьми- кратного рассеяния совершенно различались (ри.2 и 3) чего не должно быть при корректной модели расчета.

Данный доклад посвящен анализу причин этого эффекта.



ИССЛЕДОВАНИЕ СТРОЕНИЯ АМОРФНЫХ Co-B-N МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ МЕТОДОМ EXAFS

Озерова А.М., Комова О.В., Нецкина О.В., Симагина В.И., Кочубей Д. И.

Институт катализа им. Г. К. Борескова СО РАН
kochubey@catalysis.ru, проспект Ак. Лаврентьева 5, 630090, Новосибирск, Россия;

Структура аморфных нанодисперсных боридов кобальта, (Co-B-N) систем, полученных восстановлением соединений кобальта в среде борсодержащих гидридов практически не изучена, несмотря на то, что они на протяжении последних десятилетий являются объектами интенсивных исследований при создании электродов, антикоррозийных покрытий, магнитных жидкостей, магнитных носителей информации, а также являются высокоактивными катализаторами целого ряда химических процессов, среди которых особым образом выделяется процесс гидролиза NaNH_4 . На сегодняшний день боргидрид натрия является наиболее безопасной доступной системой хранения водорода способной в ходе каталитического процесса гидролиза выделять высокочистый водород при температурах окружающей среды.

Частицы Co-B-N систем представляют собой систему типа «ядро-оболочка», где, предположительно, кобальт-боридное ядро окружено оболочкой из кислородсодержащих соединений кобальта и бора, образование которой связано с процессом окисления бориды кобальта в реакционной среде. Учитывая выделения значительных количеств водорода в ходе гидролиза боргидрида натрия, бориды кобальта могут быть содержать водородом.

В данной работе были исследованы образцы аморфных нанодисперсных боридов кобальта, приготовленные в водном растворе при восстановлении хлорида кобальта боргидридом натрия. После завершения процесса выделения водорода полученный образец был отделен от реакционной среды магнитом, промыт ацетоном и поделен для дальнейшего исследования на три части. Одна часть образца была высушена в вакуумном шкафу при 60°C , помещена в пробирку на воздухе. Вторую часть образца поместили в пробирку по слой ацетона. Третью часть образца залили циклогексаном, предварительно насыщенным водородом.

Регистрировались CoK спектры поглощения в основном в режиме регистрации флуоресценции для следующих образцов: хранившегося на воздухе, ацетоне и в циклогексане под атмосферой водорода. Для хранившегося на воздухе образца измерялись

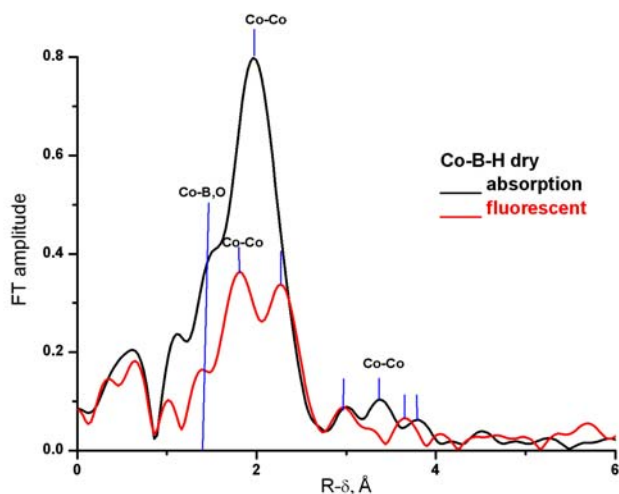


Рис.1 Структура окружения образца Co-B-N, хранившегося на воздухе в режимах пропускания и флуоресценции

спектры EXAFS как в режиме флуоресценции, так и в режиме "на пропускание". Результаты последней серии измерений приведены на рис.1. На спектре наблюдаются различия для двух режимов регистрации спектров. Можно предположить, что это связано с отличием структур поверхностных слоев и объема наночастиц. Согласно данным о коэффициенте поглощения кобальта толщина модифицированного приповерхностного слоя составляет от 1 до 3 нм.

Результаты по исследованию образцов хранившихся в контакте с атмосферным кислородом, без такого контакта в ацетоне и свежеприготовленные образцы в атмосфере водорода приведены

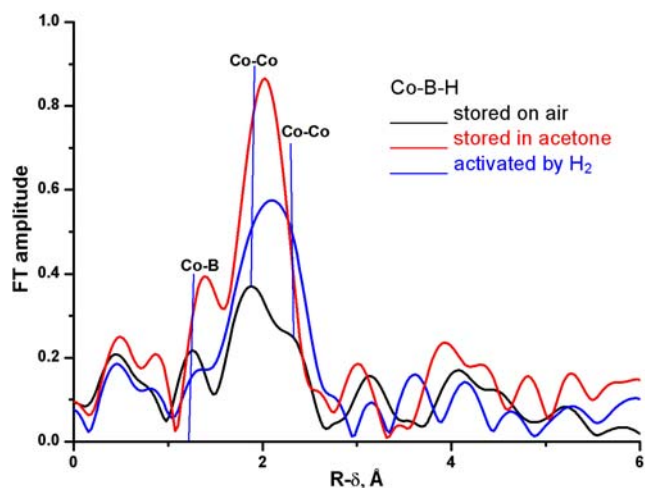


Рис.2 Структура окружения кобальта в Co-B-N образцах, хранившихся на воздухе, в ацетоне и циклогексане под атмосферой водорода.

интенсивность пика Co-B существенно падает.

Авторы выражают благодарность Российскому фонду фундаментальных исследований за финансовую поддержку (грант РФФИ № 14-22-01045).

на рис.2.

Из полученных данных можно сделать вывод, что кратчайшее расстояние, в первых экспериментах относимое к кислороду или бору, поскольку только из данных EXAFS определить природу такого элемента невозможно, относится к бору. Данный вывод можно сделать из того, что при хранении на воздухе интенсивность пика относящегося к этому расстоянию уменьшается. Если бы этот пик относился к расстоянию Co-O, интенсивность пика не менялась бы или возрастала.

Второй вывод заключается в том, что водород выравнивает структуры объема и поверхности или приводит к удалению бора из координационного окружения кобальта, поскольку

AN APPROACH TO THE DESIGN OF AN DIFFRACTION LIMITED LIGHT SOURCE

D. Einfeld, Lund University, MAX IV -Laboratory, SE-22100 Lund

Synchrotron radiation users are looking for a high brilliance and coherent radiation, which is determined at synchrotron light sources by the emittance of the stored beam. The emittance is given by the machine functions and it is proportional to a.) the square of the energy and b.) the deflection of the bending magnets to the 3rd power. The minimum emittance however is given by diffraction limited effects. A synchrotron light source reaching this emittance is called a "Diffraction Limited Light Source (DIFL)". For photon energies up to 10 keV the diffraction limited emittance is roughly 10 pm*rad. Today the emittance of the 3rd generation light sources is in the range of some nm*rad which is a factor 500 away from the limit. The new synchrotron light sources (4th generation) which are under construction and in the design phase should reach emittance of 100 to 300 pm*rad. Within this presentation an overview of the layout of the different proposals are given and the specifications of the machine components will be discussed. design problems are discussed. An approach to reach the diffraction limited emittance will be discussed.

АТТЕСТАЦИЯ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ РЕНТГЕНОВСКИХ ФИЛЬТРОВ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПОМОЩЬЮ СИНХРОТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ МЕТОДОМ САМОКАЛИБРОВКИ.

Машковцев М. Р., Николенко А. Д., Кондратьев В.И., Пиндюрин В. Ф., Лях В. В.,
Заверткин П.С., Солдатов А.Е., Ивлюшкин Д.В.

Институт ядерной физики имени Г.И. Будкера, Новосибирск, Россия

Приведены результаты измерений толщин и оценка однородности поверхности для тонкопленочных рентгеновских фильтров в мягком рентгеновском (МР) диапазоне. Имеются возможности изготовления тонкопленочных свободновисящих фильтров с толщиной от долей до нескольких единиц микрона из различных материалов: Zr, Nb, Al, Cu, Au, Ti, Mo, Cr, Fe, Ni и другие. Металлические фильтры изготавливаются, как правило, методом магнетронного напыления. Измерения толщины фильтров проводятся несколькими способами: резонансно-акустическим методом в ходе напыления, по измерению толщины скола под электронным микроскопом, а также путем измерения спектрального пропускания МР излучения. Измерение пропускания проводилось на метрологической станции “Космос” с использованием синхротронного излучения из поворотного магнита накопительного кольца ВЭПП-4М (ИЯФ СО РАН, г. Новосибирск) на энергиях фотонов 10-2000 эВ. Аттестация фильтра проводилась по его спектральному пропусканию. Для этого проводилось измерение сигнала детектора, установленного после калибруемого фильтра при сканировании по спектру вблизи К или L - краев поглощения материала, входящего в состав фильтра. Величина скачка пропускания фильтра позволяет определить поверхностную плотность данного материала в составе фильтра. Приведены результаты отработки метода самокалибровки фильтра. Суть метода заключается в сравнении пропускания фильтра, установленного перпендикулярно падающему пучку СИ и под некоторым углом, в результате чего увеличивается его эффективная толщина. Так, установка фильтра под углом 60° к пучку увеличивает его эффективную толщину вдвое.

АППАРАТНАЯ ФУНКЦИЯ ПОЛИКАПИЛЛЯРНОЙ ЛИНЗЫ И КОНФОКАЛЬНОГО РЕНТГЕНОВСКОГО МИКРОСКОПА

Я.В. Ракшун, Д.С. Сороколетов, Ф.А. Дарьин
Институт ядерной физики СО РАН, Новосибирск

Микро-РФА – неразрушающий спектральный метод исследования, основанный на анализе флуоресцентных фотонов от химических элементов, присутствующих в образце с использованием рентгеновской оптики. Применение поликапиллярных линз в конфокальной схеме позволяет проводить элементный анализ в объеме с линейным размером порядка десяти микрометров с увеличением потока излучения до 10^4 раз.

Пространственное разрешение конфокального рентгеновского микроскопа можно увеличить до единиц микрометров при учете аппаратной функции, описывающей конфокальный объём. Вид аналитического выражения для аппаратной функции одной поликапиллярной линзы из теоретических соображений был выбран таким

$$R_n(X', Y', Z', E) = \frac{1}{2\pi\omega_n(X')^2} e^{-\frac{(Y'-Y_{n0})^2 + (Z'-Z_{n0})^2}{2\omega_n(X', E)^2}}, \quad \omega_n(X, E) = \sqrt{\omega_0^2 + \left(\frac{X' - X_{n0}}{k\omega_0}\right)^2} \quad (1)$$

где X' – собственная продольная координата, Y' и Z' – собственные поперечные координаты для линзы n в мкм, X_0 , Y_0 , Z_0 – отстройки линзы от точки фокуса в конфокальной схеме в мкм, E – энергия первичных фотонов.

Пространственное распределение флуоресцентного сигнала $N(X, Y, Z, x, y, z, E)$ в образце с учетом аппаратной функции линз имеет вид:

$$S(x, y, z, E) = \iiint N(X, Y, Z, x, y, z, E) * R_1(X, Y, Z, E) * R_2(Y, X, Z, E) dXdYdZ,$$

где X , Y , Z – координаты внутри образца в мкм; x , y , z – координаты положения образца относительно фокуса конфокального рентгеновского микроскопа в мкм.

Для проверки применяемой расчетной модели был проведен ряд экспериментов на образце с известными характеристиками – вольфрамовой проволоки диаметром 10 микрометров. Были найдены параметры аппаратной функции одной поликапиллярной линзы и конфокальной схемы из двух линз.

Работа поддержана грантом РФФИ № 14-02-00631

Сороколетов Дмитрий Сергеевич, мнс. ИЯФ СО РАН

Тел.: (383)329-41-19; E-mail: D.S.Srkv@gmail.com

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЗОТНОЙ ТЕПЛОВОЙ ТРУБКИ ДЛЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ВИГГЛЕРА CLIC.

Лев В.Х., Мезенцев Н.А., Сыроватин В.М., Хрущев С.В., Цуканов В.М.,
Шкаруба В.А.

В докладе описаны особенности конструкции и приведены результаты полученные при испытаниях сверхпроводящего 72 полюсного вигглера изготовленного в ИЯФ для CLIC-АНКА. Для охлаждения магнита применялись тепловые трубки сифонного типа. В работе приведены результаты полученные при предварительном охлаждении с использованием тепловых трубок наполненных азотом.

АБСОЛЮТНОЕ ИЗМЕРЕНИЕ МОЩНОСТИ СИНХРОТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ КАЛОРИМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Шадрин Н.С., Заверткин П.С., Ивлишкин Д.В., Машковцев М. Р., Николенко А. Д.,
Пиндюрин В.Ф. Солдатов А.Е.

Институт ядерной физики имени Г.И. Будкера, Новосибирск, Россия

В ИЯФ СО РАН разработан калориметр, позволяющий измерять абсолютную мощность синхротронного излучения в мягком рентгеновском диапазоне (30-5 000 эВ). Как показали измерения, прибор позволяет измерять лучистую мощность от 1 мВт с точностью 2-5%. Абсолютная калибровка чувствительного элемента прибора производится с использованием калибровочного нагревателя в предположении эквивалентности его нагрева от падающего излучения и от нагревателя. Термоизмерителем служит миниатюрный термистор. Описана конструкция прибора, принципы его функционирования, приведены результаты калориметра испытаний на пучке СИ. Область использования калориметра - аттестация потоков излучения на станциях СИ, абсолютная калибровка низкочувствительных детекторов, а также работы по исследованию радиационной деградации детекторов под действием излучения мягкого рентгеновского диапазона.

ДИАГНОСТИКА БИОЛОГИЧЕСКИХ И НАНОРАЗМЕРНЫХ СИСТЕМ В ТЕРАГЕРЦОВОМ ДИАПАЗОНЕ ЧАСТОТ

А.П.Шкуринов

Московский государственный университет, Москва, Россия

В предлагаемой работе освещается и анализируется современное состояние исследований биологических и наноразмерных систем методами импульсной терагерцовой спектроскопии и спектрохронографии. Обсуждаются основные методы получения импульсного терагерцового излучения, принципы построения современных терагерцовые системы и импульсной терагерцовой спектроскопии. Обсуждаются характерные приложения ТГц излучения для исследования молекул биологической природы в твердой фазе (в виде молекулярного кристалла), в растворе и в биологической ткани. На примере ряда сложных биологических молекул показано, что с помощью терагерцовой спектроскопии и одновременном применении методов молекулярной динамики и компьютерных расчетов можно получать структурную информацию о молекуле в молекулярно-кристаллической фазе. Показано, что «метод цветного зрения», примененный в терагерцовом диапазоне частот, эффективен для анализа свойств терагерцового отражения и поглощения биологических тканей и ранней диагностики онкологических заболеваний кожи.